

**MİMAR SİNAN CAMİLERİNDE KUBBENİN  
AKUSTİK AÇIDAN BELGELENMESİ: KADIRGA  
SOKOLLU MEHMET PAŞA CAMİİ ÖRNEĞİ**

Serhan TUNCER  
Yüksek Lisans Tezi  
Mimarlık Anabilim Dalı  
Mimari Koruma Bilim Dalı

Temmuz 2014

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

**Serhan Tuncer'in "Mimar Sinan Camilerinde Kubbenin Akustik Açından Belgelemesi: Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camii Örneği" başlıklı Mimarlık Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 27.06.2014 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.**

	<u>Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. Nuray ÖZASLAN	.....
Üye :	Yard. Doç. Dr. Uğur AVDAN	.....
Üye :	Yard. Doç. Dr. Aslı ÖZÇEVİK	.....

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Enstitü Müdürü**



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

# MİMAR SİNAN CAMİLERİNDE KUBBENİN AKUSTİK AÇIDAN BELGELENMESİ: KADIRGA SOKOLLU MEHMET PAŞA CAMİİ ÖRNEĞİ

Serhan TUNCER

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı  
Mimari Koruma Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nuray ÖZASLAN

2014, 105 Sayfa

Mimar Sinan'ın mimariye yaptığı yenilikçi katkıları kapsamında, yapı akustiği ile ilgili sorunları da gözettiği ve bu doğrultuda Sinan camilerinin tasarımında, akustiğin de bir belirleyici olduğunu söylemek mümkündür. Bu çalışmada Mimar Sinan camilerindeki iç bükey üst örtü elemanlarının, hacim akustiğine olan etkisi açısından, ileri teknolojiler kullanılarak belgelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanı olarak Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camii seçilmiştir. Cami, hacim akustiği açısından yapılmış ölçümlerde optimum değerleri sağlamış olmasının yanı sıra, üst örtüdeki iç bükey elemanlarda bulunan, yayınlarda ses kabı olarak geçen kapların ağızlarının açıkta olması sebebiyle tercih edilmiştir. Bu ses kaplarının buldukları konum itibariyle ulaşılabilir olmaması ve boyutlarının oldukça küçük olması, iskele kurmadan ölçümleme yapılmasını imkansız hale getirmektedir. Bu nedenle belgelemenin yersel lazer tarayıcı ile yapılmasına karar verilmiştir.

Yapılan belgeleme çalışması sonucunda, yayınlarda ana kubbedeki rezonatör ağızları olarak geçen 36 adet anomalinin delik olmadığı tespit edilmiş, bunlar dışında, yapıda tespit edilen 163 adet deliğin ise hacim akustiğine etki edebilecek özellikleri bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, çalışma sonucunda yersel lazer tarayıcıların, kültür varlıklarının belgelenmesinde, konvansiyonel yöntemlere göre çok daha hızlı ve hassas sonuçlar verdiği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mimari Koruma, Mimar Sinan, Mimari Akustik, Rezonatör, Yersel Lazer Tarama, Belgeleme

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

### DOCUMENTATION OF THE DOME'S ACOUSTIC ASPECTS IN MIMAR SINAN'S MOSQUE: THE EXAMPLE OF KADIRGA SOKOLLU MEHMET PASA MOSQUE

Serhan TUNCER

Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Architecture Program  
Architectural Conservation Department

Supervisor: Prof. Dr. Nuray ÖZASLAN

2014, 105 pages

Besides his numerous innovative contributions to architecture, Mimar Sinan drew significant attention to the acoustics of mosque design by his mosques with optimum reverberation time values and high level of speech audibility and intelligibility. This thesis aims to document the acoustics aspects of domes and semi-domes in Mimar Sinan's mosques, using advanced technologies.

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Mosque has been selected due to its optimum reverberation time and resonators which are openly observable in the domes enabling direct measurements. Measurements with conventional methods on these resonators require building a scaffold which consumes considerable time and inhibits mosque's function. Because of these reasons, a terrestrial laser scanner has been used for documentation of the entire dome structure. As a result of this study, it was revealed that 36 of the anomalies measured in the main dome are actually not cavities although they are referred as resonators. In total, 163 cavities spotted in all concave structure in the ceiling. However, these cavities are too small to have an effect on acoustics. Another result of the study is; terrestrial laser scanners are more effective than conventional measurement methods in documentation of cultural heritage.

**Keywords:** Architectural Conservation, Mimar Sinan, Resonator, Terrestrial Laser Scan, Documentation

## TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca bilgi ve desteğini paylaşan tez danışmanım Prof. Dr. Nuray ÖZASLAN'a, bu çalışmanın yapılmasını ve kusursuz bir çalışma ortamı sağlayan Yrd. Doç. Dr. Uğur AVDAN'a, bilgi birikimleri ile bütün sorularına zaman ayıran ve hiçbirini cevapsız bırakmayan, mesleklerindeki tüm yetkinliklerini cömertçe kullanmamı sağlayan Yrd. Doç. Dr. Aslı ÖZÇEVİK ve Araş. Gör. Resul ÇÖMERT'e, tez döneminde iş yükümü hafifleten çalışma arkadaşlarım Emre ŞENKAL ve Özge BİLGET'e, farklı disiplinlerdeki eğitimlerini sorularımı cevaplamakta kullanan Yrd. Doç. Dr. Özgür AVŞAR, araştırma görevlileri Emre BEKTÖRE, Melahat CİHAN, Tuncay DİL, Seyfettin TÜRK ve arkadaşım Umut BEKAR'a, maddi manevi her türlü desteği bana sunan Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü ve tüm çalışanlarına, alan çalışmamızdaki olağan üstü yardımları dolayısıyla Cami imamı Mehmet SANCAK ve müezzin İbrahim TURAN'a, yüksek lisans eğitimimdeki tüm desteği için Tali KUT'a bu süreçte tüm huysuzluklarımı göğüsleyen ve desteğini her saniye hissettiren Setenay ŞEKERCİOĞLU'na, eğitim hayatım boyunca en ufak tereddüt göstermeden beni maddi manevi destekleyen, varlığımın sebepleri annem Feyhan, babam Orhan ve ablam Dr. Nihan TUNCER'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Serhan TUNCER

Temmuz 2014

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. MİMAR SİNAN</b>	<b>4</b>
2.1. Hayatı ve Mimari Ekinlikleri .....	4
2.2. Mimari Çözümlerinden Örnekler .....	6
<b>3. MİMARİ AKUSTİK</b>	<b>13</b>
3.1. Ses ve Akustik .....	13
3.2. Sesin Kapalı Mekanlarda Yayılma Prensipleri .....	15
3.3. Camilerde Ses Kullanımı .....	18
3.4. 16. yüzyıl Osmanlı Cami Mimarisinde Akustiği Etkileyen Strüktürel ve Mimari Elemanlar .....	19
3.5. Rezonatör .....	25
3.6. Mimar Sinan'ın Cami Mimarisinde Uyguladığı Akustiğe Yönelik Çözümler .....	33
<b>4. ÖLÇÜMLER</b>	<b>39</b>
4.1. Yersel Lazer Tarama .....	39
4.2. Kullanılan Ekipman.....	40
4.3. Çalışma Alanı .....	42
4.4. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İlk Belgeleme .....	49
4.5. Lazer Ölçümleme Öncesi Ön Çalışma .....	49
4.6. Lazer Ölçümleme .....	54
4.7. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İkinci Belgeleme .....	59
4.8. Verilerin İşlenmesinde Kullanılan Yazılım ve Donanım .....	59

<b>5. BULGULAR</b>	<b>60</b>
5.1. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İlk Belgeleme .....	60
5.2. Lazer Tarayıcı İle Yapılan Ölçümleme .....	65
5.3. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İkinci Belgeleme .....	74
5.4. Lazer Tarama Verilerinin Yeniden Analiz Edilmesi.....	80
<b>6. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	<b>83</b>
6.1. Bulguların Hacim Akustiği Açısından Değerlendirilmesi .....	83
6.2. Bulguların İleri Teknoloji Belgeleme Teknikleri Açısından Değerlendirilmesi .....	87
6.3. Sonuç.....	97
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>100</b>
<b>Ek-1 .....</b>	<b>105</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Tarih-i Sultan Süleyman - Kanuni türbesinin inşaatı, mimar esasları ile Mimar Sinan - detay (Çağman ve ark. 2006) .....	6
2.2. Edirne Selimiye Camisi – Plan (Kuran 1986).....	8
2.3. Azapkapı Sokollu Mehmet Paşa Camisi – Üst örtü (Ülgen 1985d).....	9
2.4. Şemsi Paşa Camisi (Arapi 2005) .....	10
2.5. Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi (Alper 2011).....	11
2.6. İstanbul Süleymaniye Camisi’ndeki is odası (Acar 2008).....	12
3.1. Ses dalgasının hareketi. Kalın çizgi yüzeyi göstermektedir (Kuttruff 2007).....	14
3.2. Çınlama süresi (Kayılı 1988) .....	16
3.3. Camiler için önerilen çınlama süreleri (Kayılı 2005) .....	17
3.4. Rüstem Paşa Camisi - Kuzey ve doğu duvarları.....	20
3.5. Sokollu Mehmet Paşa Camisi (Kadırga) - Mihrap ve minber.....	21
3.6. Sesin içbükey yüzeyden yansımaları (Yıldırım 2003).....	22
3.7. Ses kaynağının yerine göre odaklanma alanları (Yıldırım 2003) .....	23
3.8. Ses kaynağı kubbe merkezi ekseninde olduğunda, kubbe biçimine göre oluşacak odaklanma alanları (Yıldırım 2003) .....	24
3.9. Boşluklu Rezonatörde rezonansın oluşumu (Scavone, 2013).....	27
3.10. Sırp Kiliselerinde bulunan Rezonatörler (Mijic ve ark. 2008).....	28
3.11: İsviçre kiliselerinde bulunan rezonatörlerin kesiti (Desamaulds ve ark. 2001).....	29
3.12: İsviçre kiliselerinde bulunan rezonatörler (Desamaulds ve ark. 2001).....	29
3.13. Sultan Ahmet Camisi’ndeki rezonatörlerin kesiti (Kayılı 1988) .....	31
3.14. Süleymaniye Camisi restorasyonunda bulunan rezonatör ağız (Çılı ve ark. 2011).....	32
3.15. Süleymaniye Camisi kubbesindeki rezonatörlerin yarattığı bozulma (Çılı ve ark. 2011).....	32
3.16. Kanuni Sultan Süleyman Türbesi - İki kubbe arası (Neftçi 1991).....	34
3.17. Şehzade Mehmet, Süleymaniye ve Selimiye Camileri müezzin mahfilleri.....	36
4.1. Çalışmada kullanılan lazer tarayıcı ve özellikleri (Çömert 2014) .....	41
4.2. Çalışmada kullanılan fotoğraf makinaları.....	42
4.3. Edirne Üç Şerefeli Cami (1447) (Rabbat 2003).....	44
4.4. Sinan Paşa Camisi (1555) (Ülgen 1985a).....	44

4.5. Kara Ahmet Paşa Camisi (1559) (Ülgen 1985b) .....	45
4.6. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi (1572) (Ülgen 1985c).....	45
4.7. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi kesiti (Arapı 2005).....	46
4.8. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi doğu girişi (Özgüleş 2007) .....	47
4.9. Kütüphane girişi üzerindeki kitabe .....	48
4.10. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi çınlama süresi grafiği (Kayılı 1996) .....	48
4.11. Model ölçüm için kullanılan karton levha .....	50
4.12. Model ölçümde lazer tarayıcının konumu.....	50
4.13. Model ölçüm için kullanılan karton levhanın konumu .....	51
4.14. Model için kullanılan levha detay .....	51
4.15. 30 metreden yapılan farklı hassasiyetteki taramalar sonucunda elde edilen nokta bulutları.....	53
4.16. 25 metreden yapılan farklı hassasiyetteki taramalar sonucunda elde edilen nokta bulutları.....	53
4.17. 20 metreden yapılan farklı hassasiyetteki taramalar sonucunda elde edilen nokta bulutları.....	54
4.18. Doğu Mahfilden yapılan ölçümleme.....	55
4.19. Harim zemininden yapılan ölçümleme .....	56
4.20. Tarama yapılan istasyonların plan üzerinde gösterimi .....	58
4.21. Tarama yapılan istasyonların kesit üzerinde gösterimi .....	58
5.1. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbeden elde edilen genel görüntü.....	61
5.2. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbeden elde edilen detay görüntü.....	61
5.3. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbedeki anomalilerden elde edilen detay görüntü.....	62
5.4. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbe eteğinden elde edilen detay görüntü .....	62
5.5. Mutbul Kayılı'nın sunumundan ekran alıntısı (2011).....	63
5.6. Caminin doğu tarafındaki yarım kubbeler .....	63
5.7. Kuzeydoğu yarım kubbenin, batı mahfilden çekilmiş fotoğrafı .....	64
5.8. Güneydoğu yarım kubbenin fotoğrafı.....	64
5.9. Doğudaki yarım kubbeler arasındaki pandantifin ortasındaki delik .....	65



5.10. Solda ana kubbe kalem işlerinin modellenmiş hali, sağda ise fotoğraf görüntüsü .....	66
5.11. Oluşturulan ana kubbe modelinin tel kafes görüntüsü .....	67
5.12. Ana kubbede bulunan anomalilerin model üzerinde gösterimi.....	68
5.13. Ana kubbedeki anomaliler .....	68
5.14. Ana kubbede bulunan anomalilerin kesit üzerinde gösterimi .....	69
5.15. Ana kubbede bulunan anomalilerin detay görüntüsü.....	69
5.16. Doğudaki yarım kubbeler arasındaki pandantifin orta bölgesinde tespit edilen anomali .....	70
5.17. Kuzeydoğu yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar .....	71
5.18. Güneydoğu yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar.....	71
5.19. Kuzeybatı yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar .....	71
5.20. Güneybatı yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar.....	72
5.21. Ana kubbe merkezindeki bozulmalar.....	73
5.22. Ana kubbe merkezindeki bozulmalardan detay .....	73
5.23. Kubbe merkezine yakın halkların fotoğraf görüntüsü .....	74
5.24. Kubbe merkezine yakın halkanın detay görüntüsü .....	75
5.25. Kubbe eteğine yakın halkaların fotoğraf görüntüsü.....	75
5.26. Doğudaki yarım kubbeler arasındaki pandantiften detay .....	76
5.27. Kılıç Ali Paşa Camisi kubbesindeki halkalar ve detay görüntüsü .....	76
5.28. Tahtakale Rüstem Paşa Camisi kubbesindeki halkalar .....	77
5.29. İstanbul Süleymaniye Camisi kubbesindeki halkalardan detay görüntü.....	77
5.30. Kuzeydoğu yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü .....	78
5.31. Güneydoğu yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü .....	79
5.32. Kuzeybatı yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü .....	79
5.33. Güneybatı yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü .....	80
5.34. Model üzerinde ana kubbedeki deliklerin yerleri.....	81
5.35. Ana kubbedeki deliklerin model üzerindeki detay görüntüsü.....	81
5.36. Ana kubbedeki deliklerin bulunduğu aksın kesit üzerinde gösterilmesi.....	82

6.1. Hesaplanmış odaklanma alanı.....	85
6.2. Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi örtü sistemi sonlu eleman modeli (Bilgin 2006) .....	87
6.3 Bütün nokta bulutlarının Geomagic yazılımında birleştirilmiş hali.....	89
6.4. Ana kubbenin merkezinde oluşmuş bozulmalar .....	90
6.5. Ana kubbedeki bozulmaların, model üzerinde kubbe kabuğu arkasından görünümü.....	91
6.6. Kubbedeki deliklerin içine giren ışınların modelde gösterilmesi .....	91
6.7. Mahfillerden yapılan tarama açıları .....	92
6.8. Güneydoğu yarım kubbedeki bozulmanın, kubbe kabuğunun arkasından görüntüsü .....	93
6.9. Güneybatı yarım kubbedeki deliklerin, kubbe kabuğu arkasından görünümü .....	94
6.10. Kuzeybatı yarım kubbenin kubbe kabuğu arkasından görüntüsünde bozulma ve çevresindeki üç delik .....	95

## ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1. Mimar Sinan camilerinde yapılan çnlama süresi ölçümleri.....	37
3.2. Sinan camilerinde optimum ve ölçümlerle tespit edilmiş çnlama sürelerine ilişkin değerler.....	38
4.1. Modele 30 metre uzaklıktan yapılan tarama sonuçları .....	52
4.2. Modele 25 metre uzaklıktan yapılan tarama sonuçları .....	52
4.3. Modele 20 metre uzaklıktan yapılan tarama sonuçları .....	52
4.4. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde yapılan lazer tarama değerleri.....	57

## 1. GİRİŞ

Mekan yaratma sanatı olarak tanımlanan mimaride, mekana ilişkin pek çok parametreyi planlamak gereklidir. İnsanların doğal ihtiyaçlarının karşılanması yanı sıra mekanın kullanım amacına göre çeşitli gereksinimler doğabilir. Aydınlatma, ısıtma, havalandırma gibi temel sorunların yanı sıra o mekanın kullanımına özel, mimari çözümlerin de üretilmesi gerekebilir. Örneğin; kapalı bir mekanda her yerden görülebilir olması gereken bir sahne varsa bu, yapının bütün taşıma sistemini etkileyecektir. Bu sorun öngörülmeden yapılmış bir mekanda sahne görüşünü engelleyecek mevcut sütun, paye gibi strüktürel elemanların kaldırılması ya da yerlerinin değiştirilmesi çok zordur.

Hacim akustiği de mimari yapıda çözülmesi gereken sorunlardan biridir. Bu sorunun yapı özelliklerine göre ele alınması gerekir. Örneğin bir toplantı salonuyla kütüphane aynı akustik özelliklere sahip olamaz. Dini mimaride de, belirli bir ses kaynağından tüm mekana yayılması gereken konuşma, dini müzik gibi seslerin, mekanın her yerinden duyulabilir, anlaşılabilir olması önemlidir. Dini yapılarda böyle bir akustiğin sağlanması mekansal bir planlama kriteridir. Çeşitli müdahalelerle etkilerinin güçlendirilmesi mümkün olan mekanın akustik özellikleri; yapının inşasıyla direkt olarak bağlantılıdır ve yapıda yapılacak yenileme ve değişikliklerden oldukça kolay etkilenebilir. Dini yapılarda dönemsel özelliklere göre farklılık gösteren kubbe, kapı ve pencere açıklıkları, cam, halı, çini vb. gibi strüktürel ve mimari elemanların kullanımı, mekanın akustik özelliklerini de etkilemektedir.

Osmanlı mimarisinde inşa ettiği yapılarla bugün klasik dönem olarak anılan döneme damgasını vuran ve dünya mimarlık tarihindeki önemi tartışılmaz olan Mimar Sinan'ın, mimaride akustik sorununa bakışı ve yarattığı çözümler, Sinan'ın diğer pek çok özelliği gibi tüm dünyada araştırmalara konu olmaktadır. Bu araştırmalarda camilerin akustik özelliklerini tespit etmek için çeşitli ölçme yöntemleri kullanılmıştır. Ancak akustiğe yönelik belgeleme yöntemleri ile ilgili detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Mimar Sinan'ın dini yapılarının hemen hepsi günümüzde aktif şekilde işlevlerini yerine getirdiği için, kapsamlı onarım çalışmaları dışında, bu yapılarda konvansiyonel belgeleme çalışmaları yapmak mümkün olmamaktadır. Günümüzde, teknolojiye bağlı gelişmeler sayesinde mimari

ölçümler, pek çok farklı yöntemle, oldukça hassas, doğru, hızlı ve düşük maliyetlerde gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle akustiğe yönelik mimari belgeleme çalışmalarında da ileri teknoloji uygulamalarının kullanımı daha fazla önem kazanmaktadır.

Çalışmanın amacı; Mimar Sinan camilerinde, üst örtüde bulunan ve hacim akustiğine etki etme amacıyla kullanıldığı düşünülen kapların belgelenmesi ve belgeleme sonuçlarının hacim akustiği ve ileri teknoloji belgeleme yöntemleri üzerinden değerlendirilmesidir. Çalışma alanı olarak seçilen Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde çıplak gözle tespit edilebilen anomalilerin bugüne kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak, ileri teknolojiler yardımıyla, konum ve boyutlarının tespit edilmesi ve bu belgeleme sonucunda elde edilen verilerin hacim akustiği açısından değerlendirilmesi planlanmaktadır.

Kubbenin hacim akustiğine olan etkisi ve rezonatör adı verilen ses kaplarının bu etki üzerinde yaratacağı farklılıklar, konumları ve boyutlarıyla doğrudan alakalıdır. Bu nedenle bu rezonatörlerin hassas şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Söz konusu rezonatörler üst örtüde bulunduğu için iskele kurmadan ulaşılması mümkün değildir. Bu noktada ileri teknoloji belgeleme yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Elde edilmek istenen konum ve boyut bilgilerini en hızlı ve doğru şekilde sağlayacak yöntem ise yersel lazer tarama yöntemidir. Bu sebeple çalışmada lazer tarayıcı kullanılmasına karar verilmiştir.

Çalışmada Mimar Sinan'ın hayatı ve mimari etkinliklerinden bahsettikten sonra, inovatif mimari karakterini ortaya koymak amacıyla, sanat tarihindeki yeri ve mimari çözümlerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde ses ve akustik tanıtılmış, mimari akustikle ilgili genel bilgiler verildikten sonra Mimar Sinan'ın yaşadığı dönemde Osmanlı mimarisinde kullanılan ve mekan akustiğine doğrudan etki eden mimari elemanlardan bahsedilmiştir. Ayrıca bu bölümde çalışmanın önemli konularından olan rezonatörler tanıtılmış ve tarih boyunca yapılarıdaki kullanımları ve üzerlerine yapılmış araştırmalar incelenmiştir. Bu bölümde Mimar Sinan'ın cami mimarisinde uyguladığı akustik çözümlerden de bahsedilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ölçümlerle kullanılan ekipmanlar tanıtılmış, yapılan ölçümlerin detayları ve devamında yapılan ofis işlemleri anlatılmıştır.

Beşinci bölümde yapılan ölçümler sonucunda ortaya çıkan bulgular ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tartışma, sonuç ve öneriler bölümünde ise elde edilen verilerin hacim akustiği ve ileri teknoloji belgeleme teknikleri açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır.

## 2. MİMAR SİNAN

### 2.1. Hayatı ve Mimari Ekinlikleri

Osmanlı mimarlık tarihinin tartışmasız en önemli karakteri olan Mimar Sinan'ın doğum tarihi ve kökeni bugün hala netlik kazanmamış bir tartışma konusudur. Mimar Sinan'ın Kayseri'nin Ağırnas Köyü'nden devşirildiği genel bir kabul olsa da bunu belirten bir belge bulunmamaktadır. Bilindiği üzere Yeniçeri Ağaları tarafından saklanan ve kesin bilgiler taşıyan devşirme oğlanlarının kütük defterleri, Vak'ay-ı Hayriye'de<sup>1</sup> yeniçeri ocaklarıyla birlikte yok edilmiştir (Kuran 1986). Sinan'ın Kayserili olduğunu düşündüren en önemli belge ise II. Selim'e yazdığı bir mektuptur. Bu mektupta Sinan direkt olarak Sultan'dan bir istekte bulunmuş ve bu istek kabul edilmiştir.<sup>2</sup> İsteğin kabul edilmiş olması da Sinan'ın Osmanlı'da ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Sinan, tamamı devşirilmiş gayrimüslim çocuklardan oluşan yeniçeri ocağında görev yaptığını yakın arkadaşı Sai Mustafa Çelebi'ye yazdırdığı biyografik yapıt *Tezkiretü'l Bünyan*'da söylemektedir (2003). Bu nedenle Mimar Sinan'ın devşirme olduğu kesin olarak bilinmektedir.

Mimar Sinan'ın doğum tarihi de kesinlik taşımamaktadır. Yüz yaşından uzun yaşadığı görüşü, türbesindeki kitabede yazan “Yüzden artuk ömr sürdü âkıbet kıldı vefât” cümlesinden kaynaklanmaktadır. Ancak Aptullah Kuran'a göre bu cümle “yüz yaşından fazla yaşadı ve vefat etti” anlamında değil “oldukça uzun yaşadı” anlamında kullanılmıştır.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>Vak'ay-ı Hayriye; 15 Haziran 1826'da çıkan yeniçeri isyanının ardından 16 Haziran'da II. Mahmut tarafından yeniçeri ocağının kaldırılması olayıdır. Hayırlı bir olay olduğu yorumları yüzünden bu isimle anılmaktadır (Uslubaş ve Keskin 2007).

<sup>2</sup> II. Selim Sinan'ın Ağırnaslı akrabalarının Kıbrıs'a yerleştirilmemesini istemesi üzerine bu hükmü sürgün işlerini yürüten Akdağ Kadısı Hüseyin Çavuş'a göndermiştir. “Hâlâ Hassa mimarların başı mektub gönderüb Kayseriye reâyâsı Kıbrıs'a sürülmek fermân olunub kendü sâkin olduğu Ağırnas nam karye halkı ve âhar karyede sâkin olan akrabası ... Zimmîler Kıbrıs'a sürgün olmakdan af olunmasın istida eylemeğin müşârünileyhin sâkin olduğu zikrolunan karyesi ve akrabasından olan mezkûr zimmîler Kıbrıs'a sürgün olmakdan af olunmak emir idüb buyurdum ki varub vusul buldukta müşârünileyhin sâbıkan sâkin olduğu mezbur karyesi...” (Refik 1936). Bu hüküm, içinde geçen “Ağırnas sakini” gibi sıfatlarla Sinan'ın buralı olduğuna işaret eden resmi belgelerden biridir.

<sup>3</sup> Kuran (1986), Mimar Sinan'ın doğum tarihini 1497–1498 yılları arasında göstermektedir. Bunun dışında Mayer (1956) 1489, Aslanapa (1971) 1489, Goodwin (1971) 1491 yıllarını vermektedir.

Yavuz Sultan Selim'in saltanatı sırasında yapılan savaşlarda yeniçeri kaybının fazla olması ve yeniçeri ihtiyacı doğması nedeniyle Sinan da diğer devşirmeler gibi hemen acemi ocağına alınmıştır. 1521 yılında Kanuni Sultan Süleyman'ın Belgrad Seferi'ne ise yeniçeri olarak katılmıştır (Kuran 1986).

Sinan, *Tezkiretü'l Bünyan*'da 1526'daki Mohaç Seferi'ne atlı sekban olarak katıldığını ve bu sefer sonrasında Yayabaşı olduğunu söylemektedir. 1529'daki Viyana Kuşatması'na da Zenberekçibaşı olarak katılmıştır. 1534'te başlayan Irak Seferi'ne de katıldığını söyleyen Sinan, Van Gölü civarlarında Vezir Lütfü Paşa'nın emriyle gemiler inşa ettiğini, bu gemilere kaptanlık yaptığını, Prut Nehri kıyısına köprü inşa ettiğini ve Mimar Acem Ali öldükten sonra, Hassa Mimarlar Ocağı'nda baş mimar görevi olan, sermimarlığa getirildiğini belirtmiştir (Sai Mustafa 2003). 1538 yılında Hassa sermimarı olan Sinan, bu tarihten sonra artık kendini tamamıyla mimariye verecektir (Kuran 1986). Mimar Sinan yarım yüzyıllık sermimarlık görevi boyunca, başta başkent İstanbul olmak üzere, imparatorluğun birçok kentinde 400'ü aşkın yapının inşası ya da restorasyonunda faaliyet göstermiştir.

İbrahim Hakkı Konyalı çeşitli vakfiyelere dayanarak, Mimar Sinan'ın Gülru ve Mihri isimli iki eşi olduğunu, bunlardan da toplam beş kızı ve iki de oğlu olduğunu tespit etmiştir (Konyalı 1948).

Yaklaşık yarım yüzyıl sermimarlık görevini sürdüren Mimar Sinan, 1587'de İstanbul'da ölmüştür (Kuban 2007). Kanuni Sultan Süleyman'ın emriyle, açılışını kendi elleriyle yaptığı Süleymaniye Külliyesi'ndeki türbesine defnedilmiştir (Sai Mustafa 2003).

Mimar Sinan'ın Osmanlı Resim tarihi dahilinde günümüze ulaşmış tek resmini Celalzade Salih Çelebi'nin kaleme aldığı, kitap resimlerini de muhtemelen Matrakçı Nasuh'un yaptığı, "Tarih-i Sultan Süleyman" eserinde görebilmekteyiz. Bu kitapta Sinan, Kanuni'nin ölüm haberinin Saray'a ulaşması üzerine, türbesinin inşasına başlamışken, elinde mimar asası ile görülmektedir (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** Tarih-i Sultan Süleyman - Kanuni türbesinin inşaatı, mimar asası ile Mimar Sinan - detay (Çağman ve ark. 2006)

Mimar Sinan'ın Hassa Mimarlar Ocağı'nın başına geçtiği tarihten itibaren inşa ettiği düşünülen yapı sayısına ilişkin en eski kaynaklar *Tezkiretü'l Bünyan*, *Tezkiretü'l Ebniye* ve *Tuhfetül-Mi'marin*'dir. *Tezkiretü'l Bünyan*'da toplam 344, *Tezkiretü'l Ebniye*'de 378, *Tuhfetül-Mi'marin*'de ise 423 tane yapı ismi geçmektedir. Üç tezkerede de adı geçen yapılar elendiğinde toplam 477 farklı yapının adı elde edilmektedir (Kuran 1986).

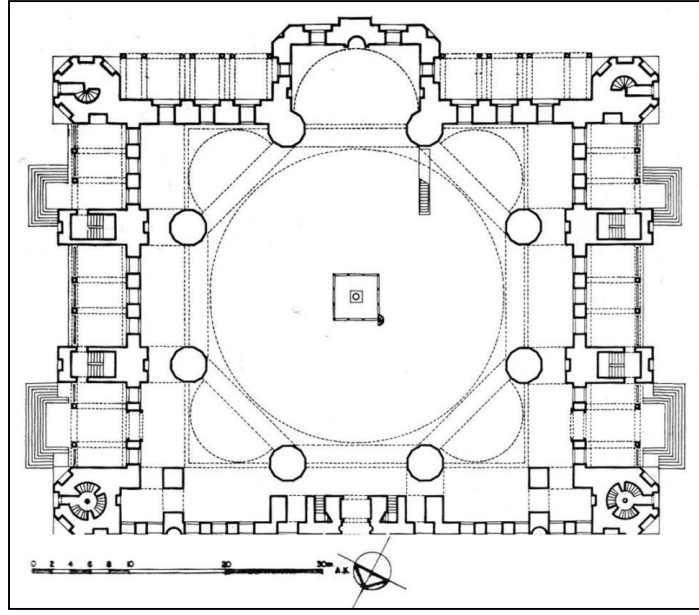
## 2.2. Mimari Çözümlerinden Örnekler

Mimar Sinan'ın dünya mimarlık tarihinde özel bir yer kazanması, sadece inşa ettiği yapı sayısı ya da Kanuni Sultan Süleyman'ın baniliğinde yaptığı büyük camiler sayesinde gerçekleşmemiştir. Bu yer, pek çok araştırmada öne çıktığı gibi Mimar Sinan'ın estetiği ve bugünün teknolojisiyle ancak çözümlenebilen sorunlara getirdiği mimari çözümleri sayesinde sağlamlaşmıştır. Sinan'ın mimaride uyguladığı bazı çözümler, sorun çözme isteğini ve başarısını, akustik sorununa bakış açısını ve bu sorunların çözüm aşamasının anlaşılması düşüncesinin yerleşmesi açısından önemlidir.

Sinan'ın Osmanlı mimarisine getirdiği yenilik, bir şeyler icat etmekten çok var olan yapım teknikleri ve malzemelerle sağlam ve strüktürel sorunları çözülmüş yapılar inşa etmesiyle ilgilidir. Osmanlı topraklarında kabul görmüş ibadethane tipini bozmadan küçük değişikliklerle bir çeşit yenileme yapmıştır.

Osmanlı dini mimarisinde, İslam dininde ibadet edenlerin her birinin eşit seviyede olduğu düşüncesiyle bağlantılı olarak, mümkün olduğu kadar geniş bir bölüntüsüz mekan öncelikle aranan özelliktir. Bu durum, önceleri çok sayıda sütun üzerinde taşınan düz bir örtü ile sağlanmıştır. Daha sonra kubbenin benimsenmesiyle Selçuklu döneminde eş büyüklüklerdeki çok sayıda kubbe ile sağlanan örtü sistemi ulu cami modelini oluşturmuştur. Ancak bu sistemler, mekanı sütunlarla böldüğü için amacı karşılamamıştır (Özgüleş 2008). Osmanlı dini mimarisinde ise kuşkusuz, genelde Bizans mimarisi, özelde Ayasofya'nın da etkisiyle merkez kubbe hemen hemen değişmez bir şekilde en çok tercih edilen örtü ögesi haline gelmiştir (Kuban 2007).

Sinan'ın kubbe tasarımının en önemli unsurlarından biri Osmanlı mimarisinin erken örneklerinde de görülen kare, altılı ve sekizli çardak sistemidir. Sinan kubbelerini bu sistem üzerine inşa ederken Osmanlı mimarisindeki erken uygulamalarda ortaya çıkmış işlevsiz mekanlar gibi strüktürel sorunları çözmüş, bu çardak sisteminin sekizli versiyonuyla da Edirne Selimiye Camisi'nin, yerden yüksekliği 42,25 metre olan, 31,22 metre çaplı kubbesiyle amaçladığı düşünülen sona ulaşmıştır (Şekil 2.2) (Kuban 2007).



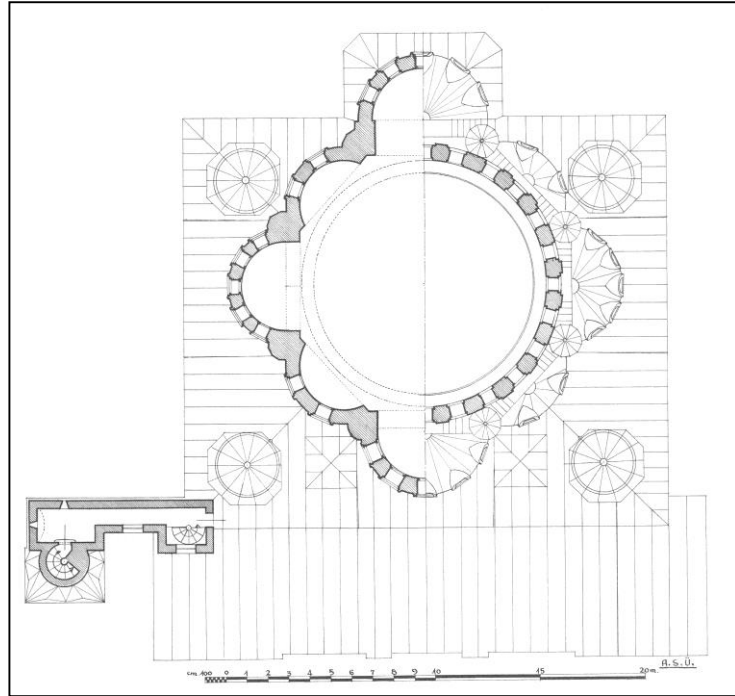
Şekil 2.2. Edirne Selimiye Camisi – Plan (Kuran 1986)

Selimiye’de ulaşılan nokta aynı zamanda İslam dininin bazı esaslarının mimariye yansıyan sorunlarının çözülmesine de yardımcı olmuştur. Yukarıda değinildiği gibi ibadet edenlerin eşitliğini sağlama isteği sonucunda doğan kesintisiz mekan gereksinimi, Selimiye Camisi’nde Osmanlı mimarlık tarihinin en geniş alana yayılmış haliyle gerçekleşmiştir (Arel 1996). Çardak sistemi merkezi planlı yapılarda iç içe geçmiş iki çeper yaratır. Bu iki çeperin birbirine yakın olması mekanın bölünmesini engellemenin dışında mimari bir bütünlük sağlar. Ancak merkezi kubbeyle örtülen mekan ne kadar genişlerse strüktürel olarak çeperler de birbirinden o kadar ayrılmak zorundadır. Selimiye’de Sinan, Ayasofya ile hemen hemen aynı büyüklükte olan kubbeyi sekizli çardak sistemiyle taşımış ve bahsedilen çeperleri birbirine mümkün olduğu kadar yakınlaştırarak kesintisiz bir mekan elde etmiştir. Bu da yine Mimar Sinan’ın mimari anlayışının yukarıda bahsedilen gelişim planının sonucudur. Sinan Selimiye’den önce inşa ettiği iki büyük ölçekli camide bu gelişimi hissettirmiş ve çeperleri yaklaştırmının yollarını aramıştır (Kuban 2007).

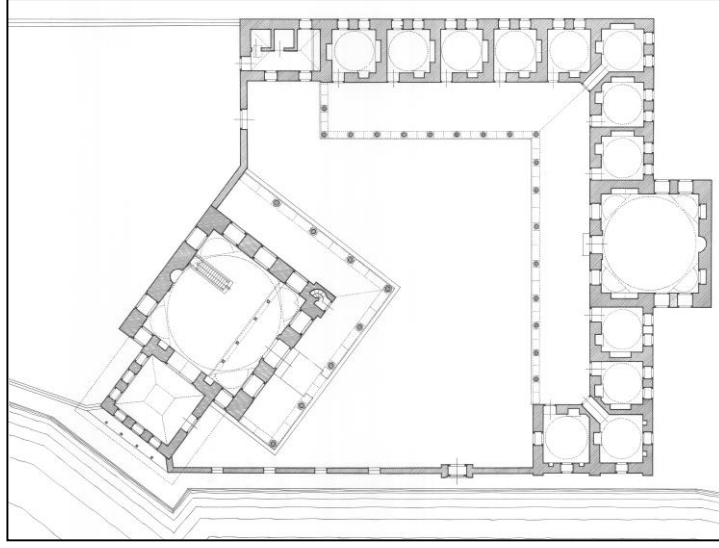
Mimar Sinan yaptığı onarımlarla da mimarlık tarihinde yer bulmuştur. En önemli onarım uygulamalarından birisi ise Ayasofya’dır. Ayasofya büyük ve dörtgen bir mekanı, yüksek ve büyük bir kubbe ile örtme başarısıyla mimarlık tarihinde öne çıkmıştır. Ancak kubbe strüktürel problemler yaratmış ve tarih

içinde birden fazla kez yıkılmıştır. Mimar Sinan yaptığı uygulamalarla bu problemi çözmüştür (Mainstone 2001).

Mimar Sinan'ın özgünlüğü ve özgürlüğü arazi koşulları ya da işlevin gerektirdiği nedenlerle, geleneksel öğelerde yaptığı değişikliklerde görülebilir. Azapkapı Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde son cemaat yerini içeriye alması, Şemsi Paşa Camisi'nde yine son cemaat yerini caminin iki yanında kullanması, Selimiye'de kible duvarına galeri yapması, Şemsi Paşa Camisi'nde türbeyle camiye arada hiçbir duvar olmadan birleştirmesi bu konuda verilebilecek örneklerdir (Şekil 2.3, 2.4) (Erzen 2005).



Şekil 2.3. Azapkapı Sokollu Mehmet Paşa Camisi – Üst örtü (Ülgen 1985d)

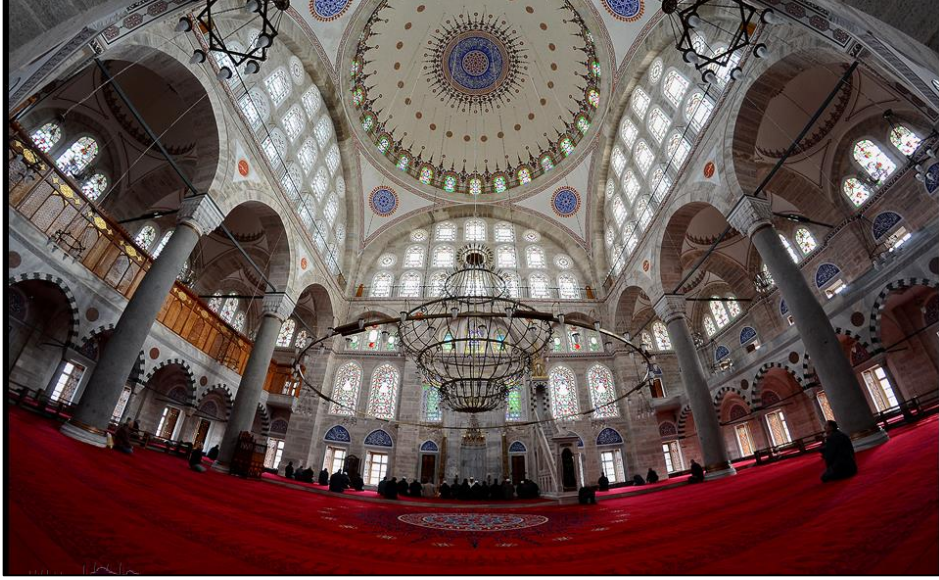


Şekil 2.4. Şemsi Paşa Camisi (Arapi 2005)

Mimar Sinan'ın tasarımlarındaki yeniliğin bir başka göstergesi ise dönem dönem ortaya koyduğu usul ve çözümlerden tamamen farklı yapıların ortaya çıkmasıdır. Bu Sinan'ın kendi çözümlerine yeni seçenekler araması olarak düşünülebilir (Arel 1996). Bu bağlamdaki çarpıcı örneklerden biri Edirnekapı Mihrimah Sultan Külliyesi'dir. Yapıda Sinan'ın önceki eserlerindeki algılanabilirlikten söz etmek zordur. Çünkü yapıyı tek seferde algılamak mümkün değildir. İlk bakışta merkezi kubbeli tek mekanlı cami planının tipik bir örneği gibi görünen yapı, içeriden ya da arka cepheden bakıldığında farklı biçimde algılanır. Bu yapıda tek çeper vardır ve kubbeyi taşıyan elemanlar ortadaki hacmi çevrelemez. Ayrıca planda açıkça algılanan üçer kubbeli yan kanatlar içeride hissedilmez şekilde yan duvarlara saklandığı gibi dışarıdan da algılanamamaktadır (Arel 1996).

Bu noktada Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi'nin başka bir özelliğinin altını çizmek, Sinan'ın yenilik anlayışını ortaya koymaya yardımcı olacaktır. Sinan'ın yeniliklerinden bahsederken değinilmesi gereken olgulardan biri kuşkusuz cami mimarisinde iç mekan aydınlatmasındaki artıştır. Mihrimah Sultan Camisi'nde de bunun en çarpıcı örneklerinden biri yaratılmıştır. Sinan'ın diğer camilerinde sıklıkla kullandığı, ana kubbeyi destekleyen yarım kubbeler bu camide kullanılmamıştır. Bunun yerine ana kubbeye doğru yükselen asil kemerler içinde, pencerelerle doldurulmuş perde duvarlar kullanılmıştır. Kubbenin ağırlığını ise köşelere gizlenen dört fil ayağı taşır. Kapıdan girildiği anda insanı

karşılayan ilk unsur olan ışık, kubbe kasağındakiyle birlikte 204 pencere ile sağlanmıştır (Kuran 1986) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi (Alper 2011)

İstanbul Süleymaniye Camisi'nde uyguladığı havalandırma sistemi de Sinan'ın sorun çözme isteği ve yeteneğine önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu ayrıca tek bir hamleyle birden fazla sorun çözebilmesinin de bir örneği olarak gösterilebilir. Kandillerle aydınlatılan camilerde ortaya çıkan is, hem süslemede yaptığı tahribatla hem de hava kalitesini düşürmesi sebebiyle büyük bir sorundur. Sinan bu sorunu cami içindeki hava akımını, kuzey girişin üzerine yerleştirdiği kanallarla, bir odaya yönlendirerek, mekan içindeki isi bu odada toplayarak çözmüştür. Bu odada toplanan is ise toplanarak Saray Nakkaşhanesi'ne mürekkep olarak gönderilmiştir (Şekil 2.6). Sinan bu uygulamasıyla hem aydınlatmanın sorunsuzca yapılmasını sağlamış, bu aydınlatmanın hava kalitesini düşürmesini engellemiş ve de siyah mürekkep elde etmiştir (Acar 2008).



Şekil 2.6. İstanbul Süleymaniye Camisi'ndeki is odası (Acar 2008)

Sinan'ın özellikle Edirnekapı Mihrimah Sultan ve Süleymaniye camilerinde aydınlatma ve havalandırmaya yönelik uyguladığı çözümler yapı fiziğinin öğelerini de gözettiği ve bu öğelerle ilişkili olarak ortaya çıkan sorunları, yapı bütünlüğüne hizmet edecek şekilde çözmeye çalıştığının birer göstergesi olarak ele alınmalıdır. Dini yapılar havalandırma ve aydınlatma dışında sesin de belirli niteliklere sahip olacak şekilde kullanıldığı yapılardır. Bu açıdan bakıldığında Sinan'ın, mimaride havalandırma ve aydınlatma gibi öğeleri ve bunlardan kaynaklı ortaya çıkan sorunları gözetmesi, günümüzde ortaya konulan bazı bulgularla beraber değerlendirdiğimizde, hacim akustiği üzerine de çalışmış olmasının mümkün olduğunu işaret edebilir.

### 3. MİMARİ AKUSTİK

#### 3.1. Ses ve Akustik

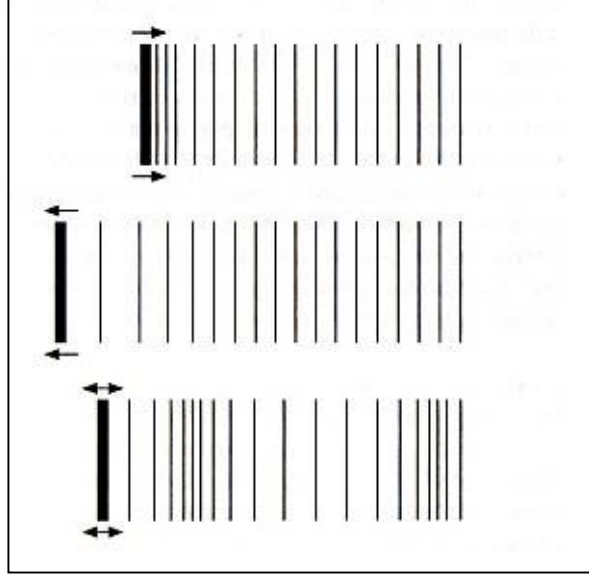
Mimari akustik konusuna girmeden önce sesin yapısı ve hareketlerini incelemek gerekmektedir. Sesin bir titreşimden ibaret olduğu, günümüze ulaşan yazılı kaynaklardan öğrendiğimiz kadarıyla erken çağlarda bile bilinmektedir<sup>4</sup>.

Erken dönem düşünürlerinin saptamaları günümüzdeki bilimsel bulgulardan çok farklı değildir. Sesin doğması, yayılışı ve algılanması, mekanik titreşim ve salınımlarla alakalıdır. Örneğin; konuşurken ya da şarkı söylerken gırtlığımıza dokunduğumuzda sesin yaratım aşamasında oluşan titreşimleri hissedebiliriz ya da müzik enstrümanların tellerinin titreşimlerini çıplak gözle görebiliriz. Ancak pek çok durumda bu titreşimler o kadar zayıftır ki, onları anında hissetmek ya da görmek imkansızdır (Kuttruff 2007). Birim zamandaki bu titreşim sayısına ise frekans denir (Üretmen 1991).

Sesin oluşmasının sadece titreşen bir kütleden, örneğin telli bir enstrümanın gövdesinden (corpus) kaynaklandığı farz edilirse, sesin hareketi Şekil 3.1'deki gibi açıklanabilir.

---

<sup>4</sup> Sesi bilimsel olarak ilk defa M.Ö. 6. yüzyılda Pythagoras'ın incelemeye başladığı kabul edilmektedir. Pythagoras, gergin bir telin çıkardığı sesin, telin uzunluğuyla orantılı olduğunu ortaya koymuş, bunun sonucunda da günümüz armonisinin temeli olan ses aralıklarını ve temel armoniyi kuramsallaştırmıştır. Bir başka Antik Yunan bilim adamı Aristoteles ise M.Ö. 4. yüzyılda yazdığı “*De Anima*” isimli kitabında sesin duyulması ve taşınmasının hava hareketleriyle ilgili olduğunu söylemiştir (Say 1994). Romalı mimar Marcus Vitruvius Pollis ise M.Ö. 1. yüzyılda yazdığı “*De Architectura*” kitabında sesin durgun bir suya atılan taşın çıkardığı dairesel dalgalarla aynı şekilde yayıldığını söylemiştir (Vitruvius 1993).



**Şekil 3.1.** Ses dalgasının hareketi.Kalın çizgi yüzeyi göstermektedir (Kuttruff 2007)

Ses dalgası soldan sağa hareket ettiğinde önündeki tüm havanın yerini alamaz ama bir kısmıyla birlikte hareket eder. Ters tarafa hareket başladığındaysa tekrar biraz havayı çeker. Havadaki herhangi bir yoğunluk değişimi basınç değişimiyle ilişkilidir. Bu nedenle sıkıştırılmış hava, basıncı hemen yakınındaki hava hacmine iletmeye meyillidir. Genellikle enstrüman telinin hareketiyle başlayan tüm bu basınç kargaşası geri kalan hava boyunca hareket eder. Sonuç olarak bu yüzeyin öne arkaya hareket ederek salınım yarattığı kabul edilir. Daha sonra hava birbirini izleyen sıkışma ve genişlemelerle yüzeyden ayrılarak ortaya doğru ilerler. Sonuç ses dalgasıdır (Kuttruff 2007).

Böylece sesin yayılmasının Aristoteles'in M.Ö. 4. yüzyılda söylediği gibi hava gibi uygun bir ortamın bulunmasına bağlı olduğu kabul edilebilir. Uzun boşlukta ses yoktur. Ayrıca sesin, bir hacim elemanından diğerine aktarılması belirli bir süre içinde gerçekleşir. Bundan dolayı ses dalgaları sınırlı bir süratle yayılır. Bilindiği gibi gök gürültüsü şimşegin görülmesinden birkaç saniye sonra duyulur. Ses dalgalarının dolaşım hızına ses dalgası ya da ses hızı denir. Bu durum, ses dalgalarını etkileyen ortamın durumuna ve çeşidine göre değişir (Kuttruff 2007).

Ses, aynı zamanda kütlelerden yansıyabilen bir dalgadır. Bu açıdan bakıldığında ışık gibi elektromanyetik dalgalarla karşılaştırılabilir. Elektromanyetik dalgalar da ses dalgaları gibi sınırlı ancak ses dalgalarına göre

çok daha hızlı bir süratle hareket eder. Ses dalgalarına kıyasla elektromanyetik dalgalar maddesel ortama bağlı değildir, farklı doğaları sebebiyle uzay boşluğunda yayılabilirler. Aynı şekilde biçimsel türleri de ses dalgalarından oldukça farklıdır.

Akustik ise ses, sesin kaynağı ve sesin uzay boşluğu, kapalı alanlar ya da boru ve kanal gibi ortamların içinde yayılmasıyla uğraşan bilim dalıdır (Kuttruff 2007). Dinlemenin önemli olduğu hacimlerde işlevin sağlıklı bir şekilde yerine getirilebilmesi için bazı akustik koşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Mekanlarda mevcut fon gürültüsü ve hacim akustiği parametrelerine ait değerlerin işitsel konforu sağlayacak biçimde düzenlenmesi mekanların akustik başarısının ölçütüdür (Türk 2011).

Çalışma konusunun belirleyicisi insandır. Yani ana ses kaynağı ve hedef insan sesi ve kulağıdır. Bu durumda insanın sesi oluşturma ve işitmesinden de kısaca bahsetmek gereklidir. Konuşma; nefes alma eylemi sırasında akciğerlerde depolanan havanın bir kısmının, göğüs kaslarının kasılması sayesinde ses tellerine gönderilmesiyle oluşur. İnsanlardaki farklı ses karakterlerinin sebebiyse bu işlemde kullanılan organların esneme ve genişleme oranlarıyla alakalıdır. Akciğerden ses tellerine gelen havanın dişler, dil ve dudaklarla şekillendirilmesiyle ses oluşur. Erkekten kadına insanların üretebileceği seslerin frekans aralığı ise 85-1100 Hz arasındadır (Kuttruff 2007).

İnsan kulağının sesi algılamasında ise sesin oluşturulması sürecinin tersi işler. Bir ses dalgası dinleyicinin kafasına çarptığı zaman, bunun küçük bir parçası kulak kanalından girer. Bu kanalın sonunda kulak zarına çarpan ses dalgası burada basınç dalgalanmasıyla bir titreşim yaratır. Bu titreşimler sırasıyla önce orta kulağa, sonra iç kulağa ve sonunda da beyne iletilir. İnsanın duyabileceği frekans aralığı ise genellikle 20-20.000 Hz olarak kabul edilir (Kuttruff 2007).

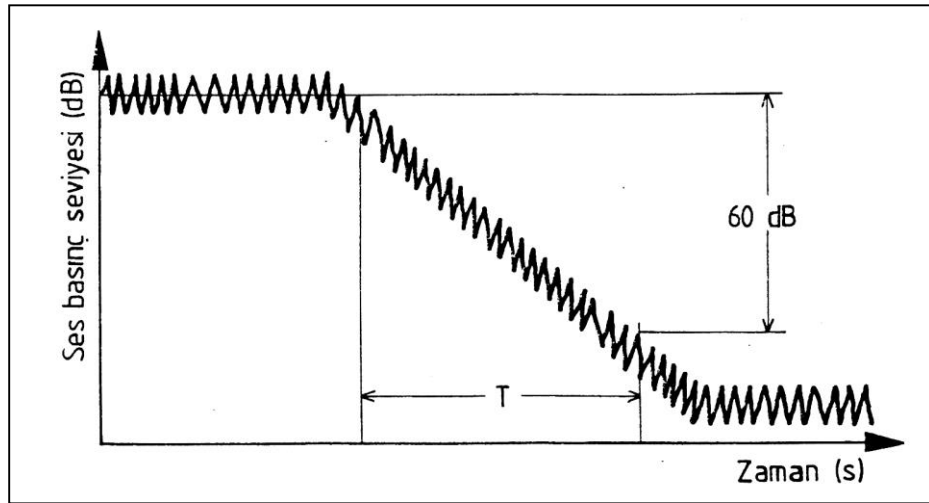
### **3.2. Sesin Kapalı Mekanlarda Yayılma Prensipleri**

Kapalı bir ortamda oluşan ses dalgası, yayılma sırasında karşılaştığı yüzeylere çarptığında, enerjisinin bir kısmını çarptığı yüzeyde kaybeder. Yüzey bu enerjiyi ya yutar ya da iletir. Enerjinin diğer kısmı ise yansarak hareketine

devam eder. İşte sesin bu hareketleri kapalı mekandaki yankıyı oluşturmaktadır. Mekandaki bir dinleyici ilk önce ses kaynağından gelen direkt sesi duyar, ardından belli bir süre sonra yüzeylerden yansımış ses dinleyiciye ulaşır. Bu süre, direkt ve yansımış ses yolları arasındaki uzunluk farkına dayanır. Eğer zaman farkı 50 milisaniyenin üzerindeyse ya da mesafe 17 metreden fazlaysa yansımalar ekoyu arttıracaktır (Demirkale ve Yıldırım 2005).

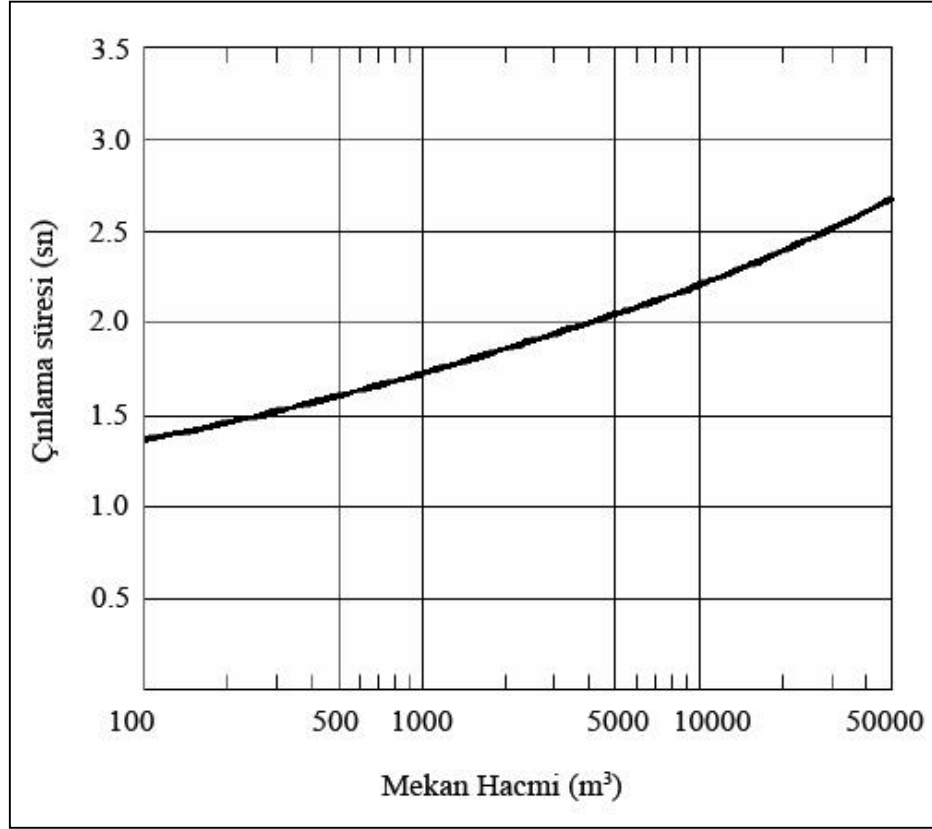
Büyük hacimli yapılarda özellikle düşük frekanstaki sesler rezonans oluşturabilir. Rezonans; ilk titreşimin kendisiyle uyumlu, yani aynı frekansta ikincil bir titreşimi başlatması olayıdır (Helvacı 2003). Kontrolsüz rezonans sadece belli frekanslardaki seslerde oluşacağı için yapı akustiğinde önemli dengesizliklere sebep olur. Ancak kontrollü bir şekilde kullanıldığında, rezonans ses enerjisinin şiddetini artırır ve bu şekilde sesin geniş alanlara yayılması sağlanabilir.

Hacim akustiğinin en önemli değişkeni ise “çınlama süresi” olarak adlandırılır. Bu, ses kaynağının susmasının ardından ortamdaki ses düzeyinin 60 desibel düşmesi için gereken süredir (Şekil 3.2). Bu süre mekan hacmiyle doğru orantılı, mekanda kullanılan yüzeylerin emicilik miktarının toplamıyla da ters orantılıdır (Yıldırım 2003).



Şekil 3.2. Çınlama süresi (Kayılı 1988)

Mimari akustiğe ilişkin yapılan araştırmalarda farklı işlevlerdeki yapılar için optimum çınlama süreleri belirlenmiştir. Şekil 3.3'de ise camiler için belirlenen optimum çınlama süresi gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Camiler için önerilen çınlama süreleri (Kayılı 2005)

Bu değerlendirme sonucunda camilerde hacimle doğru orantılı olmak üzere çınlama sresinin 1,4 - 2,6 saniye arasında olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda değinildiği üzere ses dalga ışınlarının yansımaları, optik yansımayla aynı prensiplere dayanmaktadır. Düz bir yüzeyde ses dalgası, geliş açısıyla eşit bir açıyla yansır. Ancak sesin dalga boyu yansıtıcı yüzey boyutundan büyük ise, yansımaları aı geliş açısından farklı olur ve ses dağılarak saçılır (Demirkale ve Yıldırım 2005).

Sesin kapalı mekanlardaki yansımaları hareketi her zaman olumsuz sonuçlar doğurmaz. Bu hareket doğru değerlendirildiğinde hem sesin gücünü artırır hem de ulaşmak istenilen amaca göre sesin etkisini güçlendirir. Konuşma ya da müziğin mekanda dağılımının önem taşıdığı yapılar, istenmeyen yankının

oluşmamasını sağlamak amacıyla sesin yansıma prensipleri gözetilerek tasarlanmalıdır.

Bir mekanda anlaşılabilirliğin sağlanabilmesi için dinleyiciyle ses kaynağı arasında görsel ya da işitsel bir engel olmamalıdır. Ses kaynağından çıkan sesi güçlendirecek olan ilk yansıma kaynağa en yakın yerden elde edilmelidir. Geç yansımalar ve istenmeyen yankının önlenmesi ise ses kaynağından uzak yan yüzeylerin özellikleriyle ilgilidir. Bu yüzeyler önce sesi dağıtmalı sonra da sesi yutmalıdır (Yıldırım 2003).

Paralel iki duvar arasında meydana gelen çok sayıdaki yansıma, yankı ve tekrarlayan yankıyı oluşturur. Ses kaynağından direkt gelen sesin ardından yansımış ayrı bir ses daha duyuluyorsa bu yankıdır ve çınlamadan ayırmak gereklidir. Bunun önlenmesi için geniş yüzeylerin birbirine paralel olmaması gerekir. Ancak mimari açıdan bu bir zorunluluksa bu durumda karşıt yüzeylerden birinin, yansımaları önleyecek ses yutucu malzemeyle kaplanması gerekmektedir (Yıldırım 2003).

### 3.3. Camilerde Ses Kullanımı

Camilerde yapılan ibadetlerde iki farklı ses olayı öne çıkmaktadır; konuşma ve müzik. Bu eylemlerin her ikisi de *a capella* yani enstrüman eşliği olmaksızın yapılır (Ayangil 2000). İnsan, konuşma ve müziği farklı şekillerde algılar. İnsan beyni müzik dinlerken duyulamayan kısımları doldurma eğilimindedir. Ancak konuşma sırasında sürekli değişen veri aktarımı bunu imkansız kılar ve bir kelimenin bile anlaşılabilmesi sorun yaratır (Yıldırım 2003).

Camide yapılan ibadetlerde pek çok müzikli eylem kullanılmaktadır. Bunlar iç ezan, kaamet, salat, Kur'an tilaveti<sup>5</sup>, mevlidler, ilahi ve salat-ı ümmiye olarak sıralanabilir (Ayangil 2000). Camide, cemaatle birlikte namaz kılan imam sadece vakit namazlarının farzlarında sureleri, namaz esnasında söylenen tespih ve tekbirleri yüksek sesle ve ezgiyle okur. Bu eylemde ses kaynağı olan imamın yüzü, tüm cemaatle birlikte kibleye dönüktür. Yani imam, sırtını cemaate, yüzünü

---

<sup>5</sup> Tilavet (Kur'an'dan bölüm okuma), imam öncülüğünde kılınan namazların farz bölümlerinde, imam tarafından yüksek sesle okunan sure, dua ve namaz sözleri, genellikle ezgili bir şekilde okunduğu için cami içindeki müzik eylemleri altında değerlendirilmiştir (<http://tdkterim.gov.tr/bts/?kategori=veritbn&kelimesec=311220>).

mihraba dönmektedir. İç ezan, kaamet ve salat müezzin mahfilinden toplu ya da solo şekilde okunur. Bunun dışında mevlid ve ilahiler mihrap önünden yüzler cemaate dönük olmak üzere yine yüksek ses ve ezgiyle okunur.

Konuşma eylemi kapsamında ise hutbe ve vaazlar değerlendirilebilir.<sup>6</sup> Bu noktada konuşmanın anlaşılabilirliği üzerinde durmak gerekmektedir. Anlaşılabilirliğin sağlanabilmesi için mekanların akustik özelliklerinin yanı sıra, hem konuşmacının hem de dinleyicinin konumları önemlidir. Dinleyici konuşmayı algılamak hem görme hem de işitme duyularını kullanır. Konuşmacının sesindeki ifade, beden diliyle desteklenerek güçlenir. Ayrıca dinleyici içgüdüsel olarak odaklanmak istediği ses kaynağını görmek ister. Yani ses kaynağı ve dinleyici arasındaki görüş çizgisini sağlamak da mimari açıdan önemlidir (Yıldırım 2003).

Konuşmanın anlaşılabilirliğindeki bir diğer önemli unsurda ses kaynağının yönüdür. Yön konuşma kaynağı ile dinleyicinin arasındaki görsel iletişimin yanı sıra ses enerjisinin etki alanı açısından da önemlidir. Ses basıncında konuşmacının önü ve arkası arasında 18 desibellik bir düşüş meydana gelir (Yıldırım 2003).

Görüldüğü gibi camilerde yapılan ibadetlerde sesin önemli bir yeri vardır. Sesin ibadet edenlere doğru bir şekilde ulaşması, yapının işlevselliği açısından önem taşımaktadır.

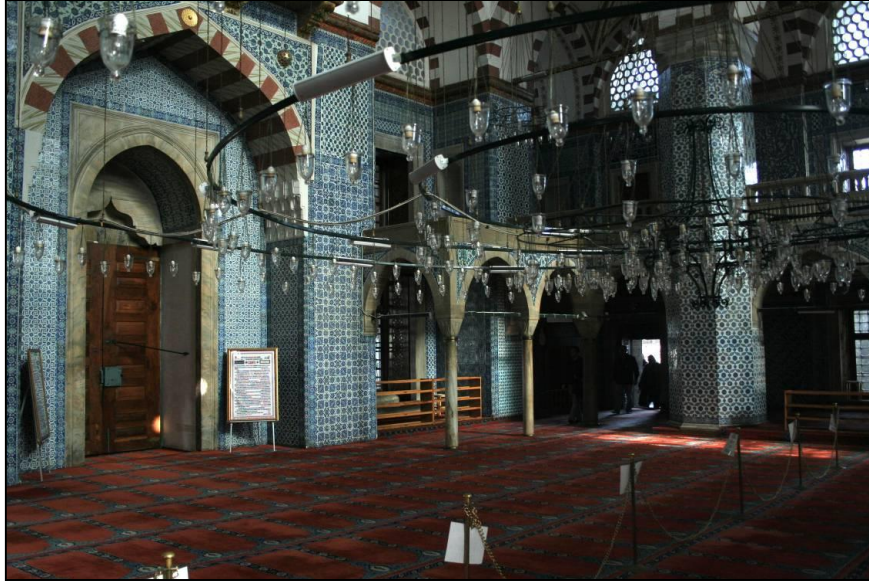
#### **3.4. 16. yüzyıl Osmanlı Cami Mimarisinde Akustiği Etkileyen Strüktürel ve Mimari Elemanlar**

Osmanlı mimarisinde kullanılan pek çok mimari ya da süsleme elemanı, akustik değerler açısından olumlu ya da olumsuz bir etkiye sahiptir. Kullanılan malzemelerin, ses dalgalarını yansıtma ya da yutma kapasiteleri ise mekanların akustik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu elemanların başında duvar çinisi, mukarnas, halılar ve iç bükey yüzeyler gelmektedir.

---

<sup>6</sup> Hutbe, Cuma ve bayram namazlarında hatibin minbere çıkarak, ayakta okuduğu dualara veya verdiği öğütlerdir (<http://tdkterim.gov.tr/bts/?kategori=veritbn&kelimesec=158875>). Vaaz ise cami veya mescitte vaizin mihrap önüne oturarak yaptığı, genellikle öğüt niteliği taşıyan konuşmadır (<http://tdkterim.gov.tr/bts/?kategori=veritbn&kelimesec=327107>).

Osmanlı mimari ve süsleme elemanlarından bazıları da kapalı bir mekanın akustik özelliklerine fazlaca etki edebilir. Örneğin duvar çinisi akustik açıdan güçlü yansıtıcı özelliklere sahiptir (Kayılı 1988). Bursa'da 1420-23 yılları arasında inşa edilen Yeşil Cami ve türbesindeki yoğun kullanımı ile duvar çinisi, Osmanlı mimari süslemesinde gelenekselleşmeye başlamış, 15. yüzyılın ikinci yarısından sonra ise yapıların kısıtlı bölümlerinde kullanılan bir süsleme elemanına dönüşmüştür. 16. yüzyılın ilk çeyreğinden itibaren yapı faaliyetlerinin artması ve teknik düzeyin yükselmesiyle yapılarda çini kaplama kullanımı, dönemin en sık tercih edilen süsleme tarzlarından biri olmuştur (Yenişehirlioğlu 1996). Örneğin bu dönemde Mimar Sinan'ın inşa ettiği camilerden, özellikle Tahtakale Rüstem Paşa, Kadirga Sokollu Mehmet Paşa ve Edirne Selimiye camileri yoğun duvar çinisi kullanımıyla öne çıkmaktadır (Şekil 3.4, 3.5).



Şekil 3.4. Rüstem Paşa Camisi - Kuzey ve doğu duvarları



Şekil 3.5. Sokollu Mehmet Paşa Camisi (Kadırga) - Mihrap ve minber

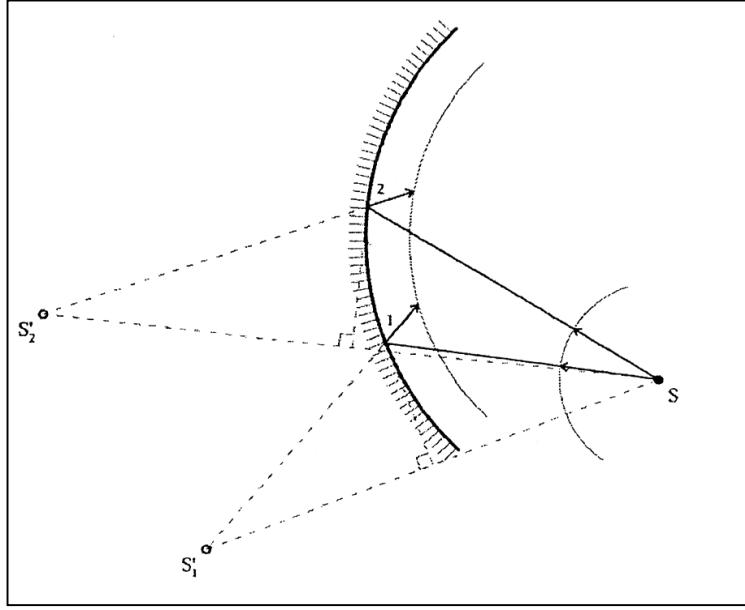
Prizmatik formda yapılarda doğal frekanslar en çok köşegenlerde yoğunlaşır ve bu yoğunlaşmalar sayesinde oluşan rezonanslar mekanların akustik dengesini bozar niteliktedir. Sinan camilerinde bazen yarım kubbelere geçişlerde, bazen de yarım kubbe desteği olan küçük kubbelere geçişte kullanılan pandantiflerin, mukarnasla kaplanması çakışan frekanslarının oluşturacağı rezonansları engelleyerek sesin dağılarak yansımaları sağlanmıştır (Kayılı 1988). Bu mukarnaslı pandantiflerden hem strüktürel hem estetik hem de akustik anlamda yararlanılması Sinan'ın mimaride bulunduğu çözümlerin pratik ve ekonomikliğini yansıtmaları açısından da önemlidir.

Cami mimarisinde akustikten söz ederken özellikle çalışmamızın ana konusunu oluşturan dönem olan 16. yüzyılda, başkent İstanbul'da inşa edilmiş camilerin toplu namazlarda oldukça kalabalık bir insan topluluğuna hizmet verdiği göz ardı edilmemelidir. Ayrıca İslam'da camide yapılan ibadetin büyük kısmının oturarak yapılması nedeniyle zeminler de belirli kalınlıklarda halılarla kaplanmıştır. Hem insan vücudu hem de zemine serilen kalın halılar oldukça önemli ses yutuculardır.

Osmanlı cami mimarisinin biçimlenişinde kubbenin önemli bir rolü vardır. 15. yüzyıldan itibaren kubbe ile örtülü merkezi planlı camiler sıklıkla tercih edilmiştir. Nitekim Doğan Kuban (2007); kubbeyi yapısal saflığıyla kullanan tek

uzun ömürlü üslubun Osmanlı dönemi olduğunu söylemiştir. Mimar Sinan'ın sermimarlık döneminde yaptığı birkaç cami dışında bu plan tipini benimsediği görülmektedir (Kuran 1986). Çalışmanın ana konusu olan Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi de tek ana kubbe ile örtülü merkezi planlı bir yapıdır.

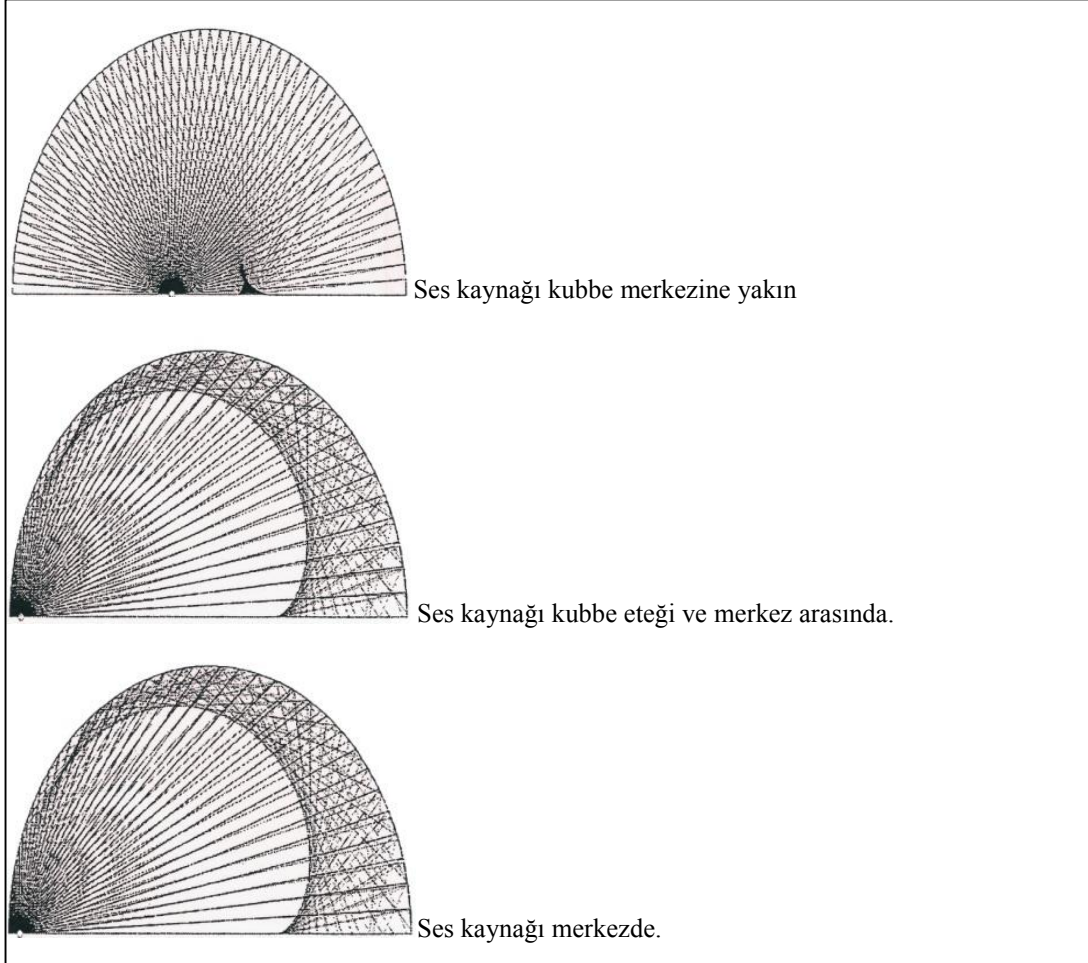
Kubbe, içbükey bir yüzeyle örttüğü ibadet mekanındaki ses özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Şekil 3.6). Günümüzde yapılan araştırmalar; içbükey yüzeylerin ses dağılımını ve dolayısıyla konuşmanın anlaşılabilirliğini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Zeminden oldukça yüksek noktalara yerleştirilmiş olan kubbe; diğer yapı elemanlarının etkisi göz ardı edildiğinde; mekanda ses odaklanmalarının ve çok uzun süreli çınlamaların oluşmasına sebep olur (Demirkale ve Yıldırım 2005).



Şekil 3.6. Sesin içbükey yüzeyden yansımaları (Yıldırım 2003)

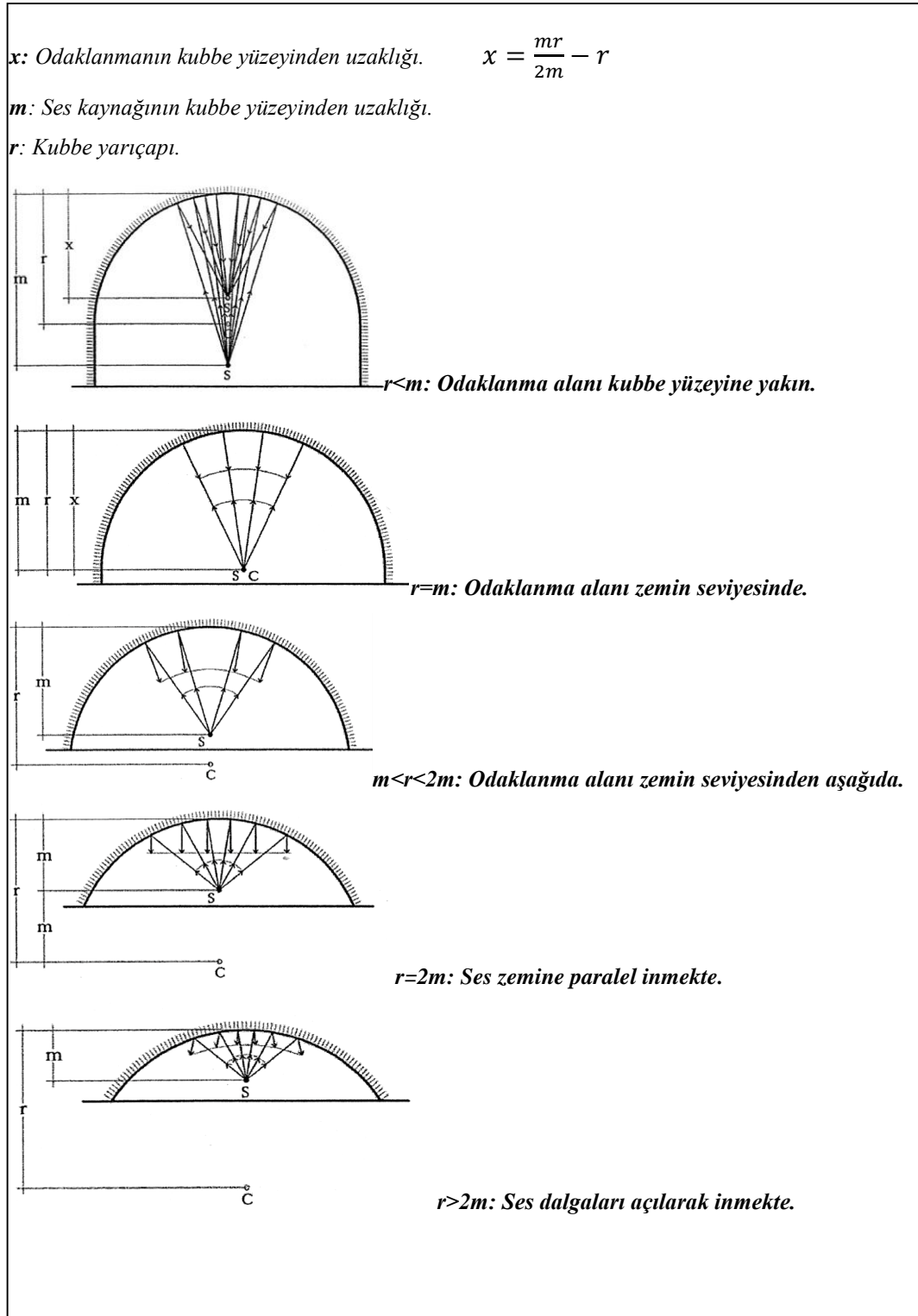
Kubbenin mekan akustiğine yaptığı en önemli etkiler odaklanma, fısıldayan galeri ve ölü noktalar yaratma olarak sıralanabilir. Odaklanma, içbükey yüzeylerde en sık karşılaşılan ses olaylarından biridir. İçbükey yüzeylerden açılı şekilde yansıyan seslerin belirli bir bölgede odaklanmasına ve bu bölgede ses düzeyinin aşırı derecede yüksek olmasına denir. Ancak odaklanmanın olduğu bu bölge oldukça dardır ve mekanın genelini değil sadece bu bölgeyi ya da bölgeleri etkiler (Demirkale ve Yıldırım 2005). Kubbe ile örtülü mekanlarda ise ses

kaynağının yeri, odaklanma alanının yeri konusunda belirleyici bir özellik taşır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Ses kaynağının yerine göre odaklanma alanları (Yıldırım 2003)

Kubbenin yarıçapı ve ses kaynağının kubbe yüzeyine olan uzaklığı arasındaki ilişki, odaklanma alanının oluşacağı bölgeyi belirler. Şekil 3.8’de kubbe merkezi ile ses kaynağının aynı aks üzerinde olması durumunda, bu ilişkinin yarattığı farklı odaklanma durumları gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Ses kaynağı kubbe merkezi ekseninde olduğunda, kubbe biçimine göre oluşacak odaklanma alanları (Yıldırım 2003)

Fısıldayan galeri ise özellikle yüksek frekanslarda hafif bir sesin bile kubbe gibi içbükey yüzeylerde, yüzey boyunca sürünerek ilerlemesi ve kubbe eteğindeki başka bir uzak noktada duyulması olayıdır. Bu olay ses kaynağının kubbe eteğine çok yakın olması durumunda ortaya çıkabilir. Hacim olarak diğerlerine göre daha büyük olan camilerde, kubbe çok yüksekte olduğu için bu durum genellikle fark edilmez ancak galeri ya da hünkar mahfili gibi kubbe yüzeyine yakın mekanlar varsa bu durumun istenmeyen bir etki yaratması mümkündür.

Ölü noktalar ise ses odaklanmalarının bir sonucu olarak yansımaların ulaşamadığı noktaları tanımlar. Bu ses alanları oldukça dengesizdir ve ses düzeyi açısından iniş ve çıkışlar dışında bazen sesin çok zor duyulması da mümkündür (Yıldırım 2003).

Sesin mekanda dağılımı ve yayılımı ile ilişkili belirtilen bu durumlar 16. yüzyıl Osmanlı mimarisinde ağırlıklı olarak tercih edilen tek kubbeli tasarım söz konusu olduğunda bütün ibadet mekanını etkileyen bir rol oynamaktadır. Mekan içinde akustik denge sağlayabilmek için bu sorunların çözülmesi gerekmektedir. Ülkemizde klasik dönem camileri üzerine yapılan bazı çalışmalarda, kubbenin yarattığı bu sorunların çözümü için kubbeye yerleştirilmiş kil kapların kullanıldığı düşüncesi vurgulanmaktadır. Rezonatör ya da boşluklu rezonatör olarak adlandırılan bu kapların kubbe ve iç bükey yüzeylere, kapların ağızları mekanın içine bakacak şekilde yerleştirilmesiyle, bu yüzeylerin akustik üzerindeki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır (Kayılı 2002).

### 3.5. Rezonatör

Bahsedildiği gibi akustik, sesin üretimini, iletimini ve etkilerini inceleyen bir bilim dalıdır. Mimari akustik ise bu bilimsel prensiplerin ve ses olaylarının kapalı bir mekandaki kontrolüyle ilişkilidir. Tarih boyunca sıradan vazolara benzeyen kaplar hacim akustiğini kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır (Arnes and Crawford 1995).

Ses kapları ya da rezonatör denilen bu yapılarla ilgili en erken tarihli kaynağımız M.Ö. 25 yılına tarihlenen Vitruvius'un yazdığı "*Mimarlık Üzerine On Kitap*" (*De Architectura*)'dır (1993). Vitruvius beşinci kitabın beşinci

bölümünde tiyatrodaki kullanılan ses kapları hakkında ayrıntılı bilgi vermiştir. Tunçtan yapılması gerektiğini söylediği bu kapların, tiyatronun oturma yerlerine belirli bir düzende yerleştirilmesi ve kapların biçimlerinin kromatik dizideki notalara denk gelecek şekilde yapılması gerektiğini ayrıntılı bir biçimde açıklamıştır.<sup>7</sup> Vitruvius sesler bu kaplara çarptıkça, kaptan armonik bir karşılık çıkacağını savunmuştur. Ayrıca küçük kentlerdeki tiyatrolarda maddi imkansızlık nedeniyle kilden yapılmış ses kaplarının kullanıldığını ve olumlu sonuçlar elde edildiğini de belirtmiştir. Vitruvius bölümün son maddesinde bu uygulamanın Yunan kent devletlerinde var olduğu ancak Roma'da bunun örneklerini görülmediğini belirtmiştir.

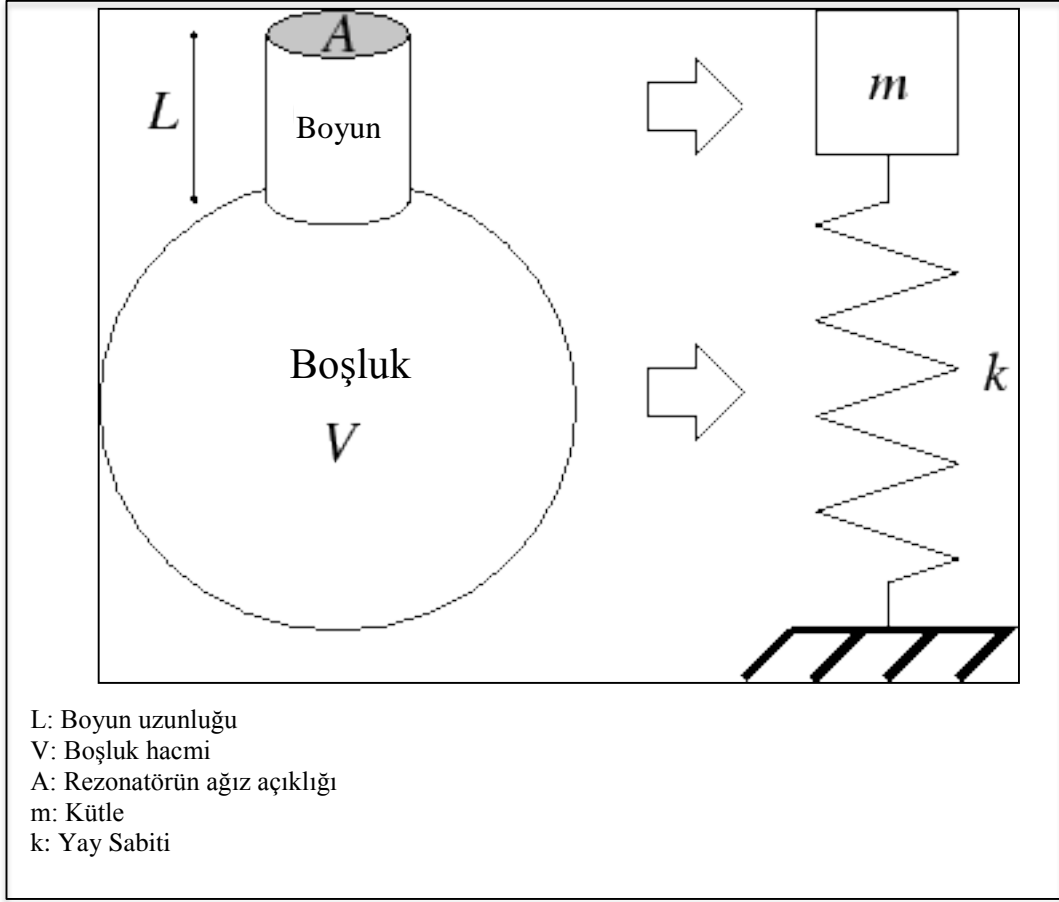
Benzer mantıkla kullanılan boşluklu rezonatör ise oldukça gelişmiş bir akustik sistemdir. İlk defa Alman bilim adamı Helmholtz tarafından 1862 yılında ayrıntılı olarak ele alınmıştır (Kayılı 1988).

Kapların yapılarıdaki kullanım şekillerine bakacak olursak, genellikle gövde kısımları mimari yapıya gömülmüş, ağız kısımlarıysa dış ortama açılacak şekillerde yerleştirilmişlerdir (Arnes ve Crawford 1995).

Rezonatörler yaya asılmış bir kütlelin yarattığı salınıma benzer bir sistemle ses frekansları üretir. Sesin üretilebilmesi için rezonatörün bir boynu ve buna bağlı olarak fazlaca hava alabilecek bir boşluğa sahip olması gerekir. Bu boşluktaki hava yay gibi davranır. Bu boşluğa hava girmeye çalıştığında boşluktaki basınç artar. Böylece boşluktaki basınç dışarıdaki atmosfer basıncından fazla konuma gelir. Sistem basıncı dengeleyebilmek için havayı dışarı iter. Burada hareket eden hava bir momentum kazanır ve gerekenden daha fazla hava dışarı atılmış olur. Dışarı fazla hava çıkınca içerideki hava miktarı yine azalır ve yeniden içeri hava çekilir. Bu süreç sistem dengelenene kadar devam eder. Yani rezonatörün içine girip çıkan havanın hareketi yayın ucuna bağlanan bir kütlelin dikey hareketine benzer. Rezonatörün boyun kısmında gerçekleşen bu hareket ise süreç içinde rezonans oluşumuna yol açar. Bu rezonansın frekans değeri ise kabın boyutlarına, ağzının genişliğine ve boyun kısmının uzunluğuna bağlıdır (Mekid ve Farouki 2012) (Şekil 3.9). Dolayısıyla bahsedilen ses kaplarının ağız genişlikleri ve boyun uzunlukları oldukça fazla önem taşımaktadır.

---

<sup>7</sup> Kromatik Dizi: Bütün yarım seslerin sırayla dizilmesidir (Çalışır 2004).



Şekil 3.9. Boşluklu rezonatörde rezonansın oluşumu (Scavone, 2013)

Tarih boyunca, rezonatörlerin farklı şekillerde uygulandıkları görülmüştür. İlk uygulama, Vitruvius'un sesi yükseltme amacıyla kullanıldığını vurguladığı ve tiyatrolarda kullanılmış kaplardır. Bu kapların varlığıyla ilgili en önemli kaynak yine *De Architectura*'dır (Vitruvius 1993). Ancak yapılan araştırmalarda, Yunan ya da Roma tiyatrolarında günümüze gelebilmiş hiçbir bronz ses kabı bulunamamıştır. Sadece Atina'daki Herodes Atticus tiyatrosunda bir takım bronz parçalarına ulaşılmıştır. Bunların bir heykelden kalmış parçalar olma ihtimali de vardır. Kilden yapılmış kaplardan günümüze gelmiş bir kaç örnek mevcuttur. Örneğin, İtalya'nın Calabria kentinde günümüze gelebilmiş bir Roma Tiyatrosu kalıntısında, ağzı orkestraya bakacak şekilde yerleştirilmiş toprak kaplar bulunmuştur. Bunun dışında da İtalya'dan Türkiye'ye kadar pek çok ülkede bulunan antik tiyatrolarda belirli düzenlerde açılmış nişler olduğu görülmektedir. Bu nişlerin de bu tip kapları yerleştirmek için kullanılmış olduğunu düşünülebilir (Arnes ve Crawford 1995).

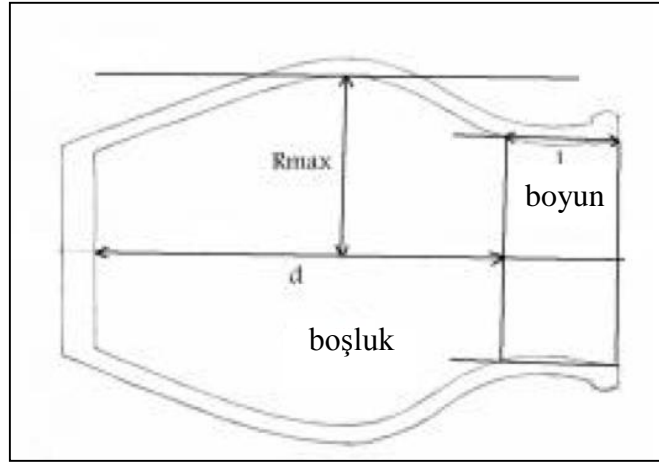
Günümüzdeki araştırmalar göstermektedir ki rezonatörler gerçekten sesi yükseltebilir fakat bu rezonans frekans aralığında sadece düşük frekans bantlarındaki akustik titreşimin yükselmesidir. Daha doğrusu bu bir yükselme değil frekans değişimi nedeniyle sesin yapısının değişmesidir. Bu değişim de sadece rezonatör içinde olmaktadır ve sesi etrafa yayamamaktadır (Yaşaroğlu 2006). Bu durumda günümüz bilim adamları Vitruvius'un oluşan fiziksel durumu yanlış yorumladığı konusunda hemfikirlidir.

Bir diğer uygulama, bu ses kaplarının çoğunlukla duvarlarda kullanıldığı kilise yapılarında görölmektedir. Avrupa'nın pek çok ülkesindeki, özellikle 16. yüzyıl sonrasında inşa edilmiş kiliselerde, bu kapların kullanımı görölmüş ve bunlar üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Belgrad Üniversitesi'nde yapılmış çalışmada, Sırp kiliselerinde kullanılmış kaplarla ilgili çeşitli tespit ve deneyler yapılmıştır. Bu yapılarda bulunan kaplar genellikle duvar ve kubbedeki geçiş elemanlarında kullanılmaktadır. Çalışma ekibi bu kaplardan bazılarına ulaşmış, bulunan kapların çizimleri yapılmış ve benzer ortamlar yaratılarak akustik deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda bu kapların belirli frekansları karşılayarak çalıştığı, fakat kapların yapısı, ağız ve boyun boyutlarıyla beraber yapı boyutları karşılaştırıldığında bu kapların mekan içindeki akustik koşulları etkilemede yetersiz kalacağı sonucuna ulaşılmıştır (şekil 3.10) (Mijic ve ark. 2008).



şekil 3.10. Sırp Kiliselerinde bulunan Rezonatörler (Mijic ve ark. 2008)

Benzer bir çalışma İsviçre'deki kilise yapılarında bulunan kaplarla ilgili de yapılmıştır. Bu çalışmada yapılmış deneylerde, modellenen kapların ses seviyesini yükseltmesinin mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak düşük frekanslarda bu kapların zayıf da olsa yutuculuk gösterdikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca iç bükey elemanlarda kullanıldıklarında odaklanmayı engelledikleri, sonuçlar arasında gösterilmiştir (Şekil 3.11, 3.12) (Desamaulds ve ark. 2001).



Şekil 3.11: İsviçre kiliselerinde bulunan rezonatörlerin kesiti (Desamaulds ve ark. 2001)



Şekil 3.12: İsviçre kiliselerinde bulunan rezonatörler (Desamaulds ve ark. 2001)

Boşluklu rezonatörler Selçuklulardan itibaren Türkler tarafından da kullanılmıştır (Kayılı 1988). En erken örnek olarak, Selçuklu dönemi yapılarından Kayseri Gevher Nesibe Sultan Darüşşifası'nda (1205) boşluklu rezonatör kullanımı tespit edilmiş ancak henüz konuyla ilgili ayrıntılı bir çalışma yapılmamıştır (Kayılı 2002).

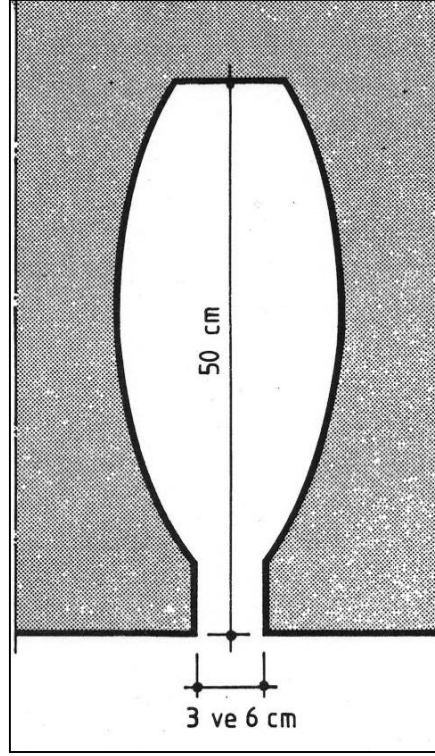
Sinan'ın inşa ettiği camilerde de boşluklu rezonatör kullanımı oldukça yaygın olarak görülmektedir. Mutbul Kayılı herhangi bir sistem kullanmadan,

sadece gözle yaptığı anlaşılan tespitlerde, uygulamada özellikle kubbede kullanılan rezonatörlerden, Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde kubbede 36, çeyrek kubbelerin her birinde 42-45 civarında rezonatör tespit etmiştir. Şehzade Mehmet Camisi'nde yine kubbede 35-40 civarı, Süleymaniye Camisi'nde ise kubbede bir daire çevresine yerleştirilmiş 64 tane rezonatör ağzı tespit edilmiştir. Ancak Mutbul Kayılı (1988) Süleymaniye Camisi'nde tespit edilenden çok daha fazla sayıda rezonatör olması gerektiğini, ayrıca Selimiye Camisi'nde gözle görülür rezonatör ağzının tespit edilmediğini, fakat Vakıflar Genel Müdürlüğü elemanlarınca kubbede çok sayıda rezonatör olmasına rağmen her iki camide de bu boşluklu rezonatör ağızlarının, tuğla ya da ahşapla kapatılıp sıvandığını söylemektedir.

Süleymaniye Camisi'nin muhasebe defterlerinin 88. sayısında tanesi 2 akçeden 255 tane testi satın alındığı bilgisine ulaşılmaktadır (Acar 2003). Bu testilerin rezonatör olarak kullanıldığı kabul edilirse, Süleymaniye Camisi'nde Kayılı'nın söylediği gibi ortaya çıkarılan 64 rezonatörden çok daha fazla sayıda rezonatör olması gerekmektedir.

Kayılı Süleymaniye ve Selimiye camilerinde görülen uzun ve düzensiz çınlama sürelerini, bahsedilen boşluklu rezonatörlerin işlevlerini kaybetmesine bağlamıştır. Kayılı (2002) sonraki yayınlarında ise İstanbul Şehzade Mehmet Camisi'nde de toplamda 144 rezonatör ağzı bulduğundan bahsetmiştir.

Mutbul Kayılı (1988) rezonatörlerle ilgili bu bulgulardan sonra, Sinan sonrasında inşa edilmiş olmasına rağmen o dönemde restorasyon çalışmaları süren Sultan Ahmet Camisi'nde inceleme yapma imkanı bulmuş ve iç içe üç dairesel hat üzerinde ilk hatta 7, ikincisinde 28, üçüncüsünde ise 40 adet boşluklu rezonatör tespit etmiştir. Şekil 3.13'de bulunan rezonatörlerin kesitini görebiliriz.



Şekil 3.13. Sultan Ahmet Camisi'ndeki rezonatörlerin kesiti (Kayılı 1988)

İstanbul Süleymaniye Camisi'nde 2007-2010 yılları arasında yapılan kapsamlı restorasyon çalışmasında kubbedeki kaplara ulaşılmıştır. Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün yayımladığı yıllıkta, kubbede yapılan onarım işlemleri detaylı olarak anlatılmıştır. Burada bu kapların kubbede önemli bozulmalara yol açtığından bahsedilmektedir. Kubbede, özellikle bu kapların kubbe yüzeyini zayıflattığı ve çatlakların bir bölümünün bu kapların çevresinden geçtiğinden bahsedilmektedir. Yayımlanan resimlere bakıldığında, Süleymaniye Camisi kubbesinde bulunan kapların bir tanesinin ağız genişliği 12 cm olarak görülmektedir. Vakıf yıllığında bu kaplarla ilgili başka bir çalışmadan bahsedilmemektedir. Restorasyon ekibinde çalışanlardan alınan bilgilere göre kubbedeki bütün kaplar bulunmuş ve ağız kapalı olan bazı kapların ağızları açılmıştır. Ancak kapların boyutlarının, boyun uzunluklarının ve iç hacimlerinin örneklemeli olarak ölçüldüğüne dair bir bilgiye ulaşılamamıştır (Şekil 3.14, 3.15) (Çılı ve ark. 2011).



Şekil 3.14. Süleymaniye Camisi restorasyonunda bulunan rezonatör ağzı (Çılı ve ark. 2011)



Şekil 3.15. Süleymaniye Camisi kubbesindeki rezonatörlerin yarattığı bozulma (Çılı ve ark. 2011)

### 3.6. Mimar Sinan'ın Cami Mimarisinde Uyguladığı Akustiğe Yönelik Çözümler

Bugüne kadar yapılan pek çok araştırmada Sinan'ın hacim akustiğini kontrol etme amaçlı müdahaleleri olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ana konusu olan akustik rezonatörlerin dışında, Sinan yapılarında kullanılan sıva tiplerinin, çift cidarlı kubbelerin ve özellikle üç büyük camisindeki müezzin mahfillerinin yerleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda da Mimar Sinan'ın tasarladığı yapılarda hacim akustiğini gözetttiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Mimar Sinan çift cidarlı kubbeyi de mekanda sağlayacağı akustik özellikleri gözeterek kullanmış olmalıdır. Sinan'ın Osmanlı'ya Selçuklu türbe mimarisi geleneğinden gelen bu uygulamayı Kanuni Sultan Süleyman'ın türbesinde kullandığı bilinmektedir (Şekil 3.16). Çift cidarlı kubbe kullanımı genellikle kubbenin içeriden ve dışarıdan farklı algılanmasına yönelik estetiğe yönelik bir uygulama olarak tercih edilmiştir (Kuban 1987). Ancak Süleymaniye Camisi'nin merkez kubbesinin doğu ve batısında bulunan beşer küçük kubbe de çift cidarlı olarak tasarlanmıştır ve bu kubbeler içeriden de dışarıdan da basık kubbelerdir (Acar 2003). Kubbe yapısı, insan damağının yapısına benzetilerek çift cidarlı kubbe kullanımını mimari akustikle ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkiye göre kubbe yapısı insan damağını, çift cidarlı kubbelerde iki kubbe arasında oluşan boşluk ise damak üzerindeki burun boşluğunu karşılamaktadır. Konuşma esnasında “m, n” gibi harfler ağız kapalıyken seslendirilir. Bu durumda ses burun boşluğunda oluşur. Bu şekilde konuşma sesi derinlik kazanmış olur. Çift cidarlı kubbelerde oluşan boşlukta ise yansıyan ses akustik hayaller oluşturur (Güvenir 2006).



Şekil 3.16. Kanuni Sultan Süleyman Türbesi - İki kubbe arası (Neftçi 1991)

Mimar Sinan'ın mekan içindeki ses yansımalarını, kullandığı farklı tip sıvalarla kontrol etmeye çalıştığı da bilinmektedir. Örneğin; Üsküdar Mihrimah Sultan Camisi'nde kubbeye direkt bir müdahalede bulunmazken, duvarlarda kullandığı kıtıklı Horasan harcı<sup>8</sup> ile kubbeden yansıyan ses enerjisinin yutulmasını sağlayarak, mekan içindeki ses kontrolünü sağlamaya çalışmıştır. Ancak Rüstem Paşa ve Kadirga Sokollu camilerinde bunun tam tersini uygulamış, yumuşak ve kıtıklı Horasan harcını bu sefer direkt olarak kubbede kullanmış ve ses kontrolünü burada sağlamaya çalışmıştır (Kayılı 1988).

Bahsedildiği gibi özellikle Tahtakale Rüstem Paşa ve Kadirga Sokollu Mehmet Paşa camilerinin süslemesinde oldukça yoğun şekilde duvar çinisi

---

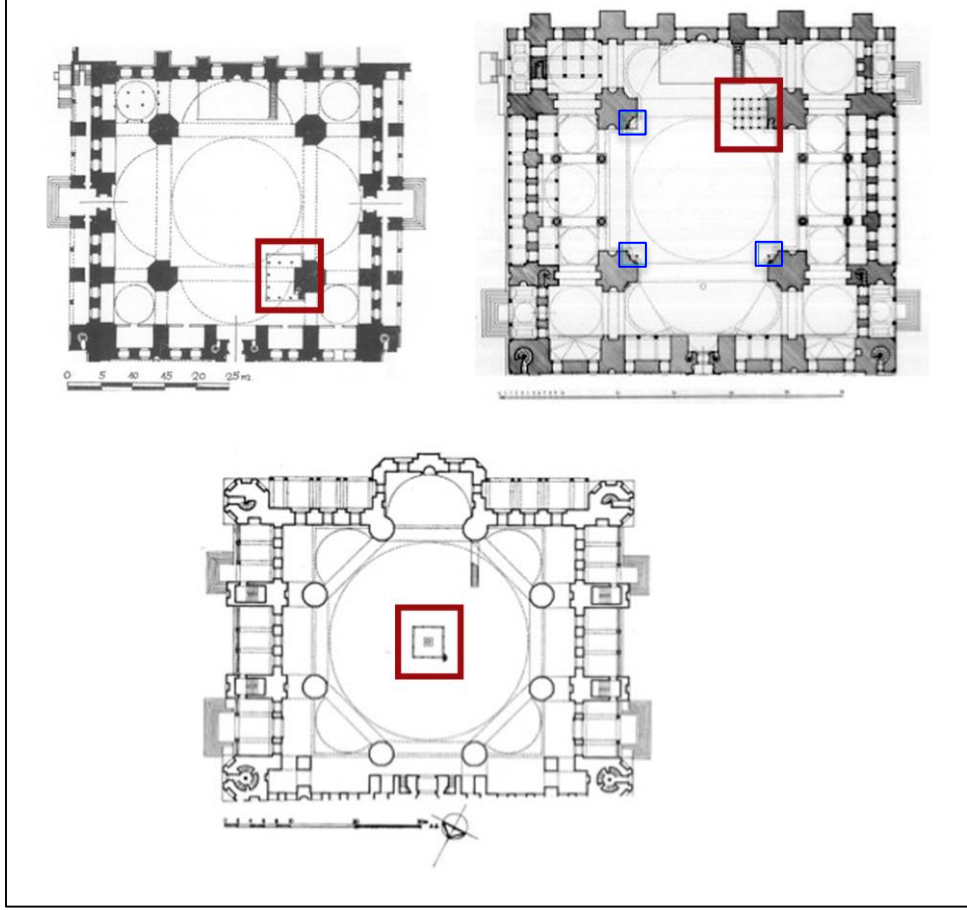
<sup>8</sup> Horasan harcı tuğla, kiremit ve benzeri malzemelerin, kireç ile karıştırılmasıyla hazırlanmaktadır ve birçok tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu harç ve sıvalar hidroliktir. Bu harçlar Roma döneminde "Coc-ciopesto", Hindistan'da "Surkhi", Arap ülklerinde "Homra" olarak adlandırılmıştır (Böke ve ark. 2004).

kullanılmıştır. Ses enerjisi açısından yutuculuğu oldukça sınırlı ama yansıtma özelliği çok yüksek olan bu malzemenin kullanılmasının, cami içindeki çınlama sürelerini uzatması beklenirken boş camide bile istenilene en yakın çınlama süreleri bu camilerde elde edilmiştir. Mimar Sinan'ın duvar çinilerinin mekan akustiğine olan olumsuz etkilerini özel imal edilmiş sıva tipleri kullanarak ortadan kaldırdığı düşünülmektedir. Bu durum üzerine yapılan araştırmalarda camilerde kullanılan üç farklı tip sıva türü tespit edilmiştir. Bunlardan ilki oldukça sert yapıya sahip açık tuğla renginde Horasan harcıyla hazırlanmış sıvadır. Bu sert sıvanın yutucu bir özelliği olmadığı belirtilmektedir. İkinci tip ise Horasan harcına keten parçalarından oluşan bir kırıkla karıştırılmış yumuşak dokudaki sıva tipidir. Alçak ve orta frekanslarda oldukça iyi bir yutuculuk performansı gösteren bu sıva tipi Rüstem Paşa Camisi'nde kullanılmıştır. Üçüncü ve son tip ise yaklaşık 4 mm kalınlığında ve sakız yumuşaklığındaki kırıksız Horasan harcıdır. Sinan'ın Şehzade Mehmet Camisi'nde bu sıva türünü kullandığı tespit edilmiştir. Ancak yapılan restorasyonlarda, duvar çinilerinin tamamlanması ya da onarımlarda kullanılan sıvaların bu özellikleri taşımasına özen gösterilmemiştir (Kayılı, 1988).

Mimar Sinan'ın inşa ettiği camilerde kullandığı sıva tiplerinin niteliği açısından Süleymaniye Camisi inşaatına ait muhasebe defterleri önemli bir veri oluşturmaktadır. Bu defterlerin 94. sayısında kubbenin sıvanması için 27 kantar keten alındığı belirtilmiştir. Ayrıca diğer defterlerde “heray-ı sıva-i bina-i şerif”in, yani kutsal binanın sıvanması için keten satın alındığı belirtilmiştir. Bu durumda yukarıda bahsedilen sıvalardaki kırıkların bir bölümünün keten olduğunu düşünmek mümkündür. Sinan ihtiyaca göre belli yapılarda yansıtıcı yüzeyleri keten lifleriyle kırıklanmış harçla sıvayarak, ses kontrolünde duvarda oluşan gözenekli ve yumuşak yapıdan faydalanmıştır (Acar 2003).

Sinan'ın üç büyük camisindeki müezzin mahfillerinin yerleri de dikkat çekicidir. Şehzade Mehmet Camisi'nde, kuzey batıda bulunan fil ayağına bitişik şekilde yerleştirilen müezzin mahfilinin, büyük hacimli bir camide tek başına yeterli ses enerjisi oluşturamadığı görülmüştür. Süleymaniye Camisi'nde ise güneybatıdaki fil ayağına yerleştirilmiş müezzin mahfilinin yanı sıra, diğer üç ayağa da müezzin balkonları yerleştirilerek ses kaynağı sayısı arttırılmış, ancak farklı noktalardan aynı anda çıkan sesler anlaşılma oranını düşürmüştür. Selimiye Camisi'nde ise müezzin mahfili merkeze taşınmış, kubbedeki rezonatörlerin ses

enerjisini doğrudan alıp hacme küresel şekilde yayması sağlanmıştır (Kayılı 2002) (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Şehzade Mehmet, Süleymaniye ve Selimiye Camileri müezzin mahfilleri

2000 yılında üç sene sürecek olan, Türkiye’den Yıldız Teknik, İtalya’dan UNIFE, Fransa’dan INRETS, Danimarka’dan Teknik ve İsviçre’den Geneva MIRAlab üniversitelerinin katılımıyla CAHRISMA (Conservation of the Acoustical Heritage by the Revival and Identification of Sinan’s Mosques Acoustics) projesi gerçekleştirilmiştir. Türkçe açılımı “Sinan camilerinin akustiğinin yeniden canlandırma ve tanımlanmasıyla akustik mirasın korunması.” olan proje kapsamında Ayasofya, Aya İrini, Sergios ve Bakhos kiliseleriyle, Mimar Sinan’ın İstanbul’daki Süleymaniye ve Kadirga Sokollu Mehmet Paşa camileri incelenmiştir. Projenin amacı akustik nitelikleri açısından belirli özelliklere sahip olduğu bilinen ancak bu yönden yeterince incelenmemiş bazı Sinan camileri ve Sinan’ın mimarisini etkilediği düşünülen Bizans Kiliseleri

üzerinde yapılacak çalışmalarla, akustik mirasın tanımlanması, yeniden canlandırılması ve mimari mirasın üç boyutlu sanal ortamda korunması konularını kapsamaktadır (Karabiber 2000). Çalışma kapsamında proje raporlarına ulaşmak mümkün olmamıştır. Ancak çalışma ekibinin projeden sonra yaptığı yayınlarda Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nin bilinçli bir şekilde düzenlenmiş akustik nitelikleri olduğu vurgusu yapılmaktadır (Fausti ve ark. 2003).

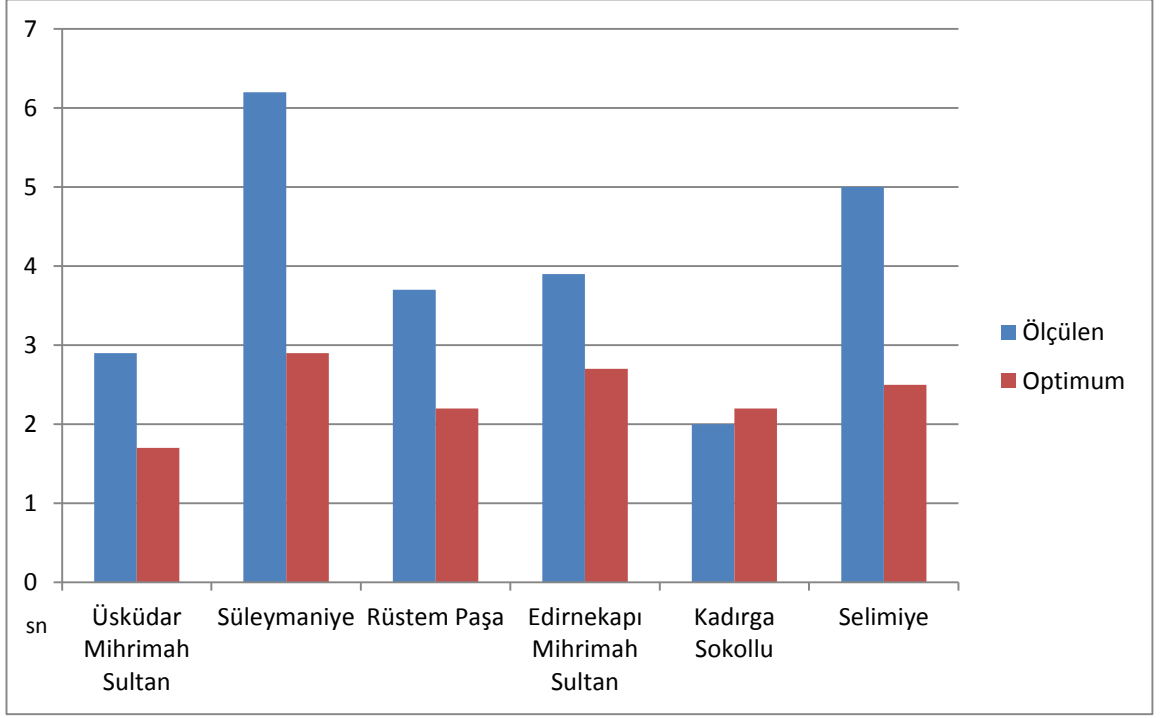
Ülkemizde de Mimar Sinan camileri üzerine yapılan akustiğe yönelik çalışmalarda, çınlama süresi ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 3.1). Bu ölçümler iç hacimlerle birlikte değerlendirildiğinde, optimum çınlama süresi değerlerine en yakın cami Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.1.** Mimar Sinan camilerinde yapılan çınlama süresi ölçümleri.

<b>Cami Adı</b>	<b>İç Hacmi (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Yaklaşık Çınlama Süresi (sn)</b>	<b>Kaynak</b>
Üsküdar Mihrimah Sultan <sup>9</sup>	-	2,9	Kayılı 1986
İstanbul Süleymaniye	85300	6,2	Topaktaş 2003
Tahtakale Rüstem Paşa	5950	3,7	Topaktaş 2003
Edirnekapı Mihrimah Sultan	13600	3,9	Topaktaş 2003
Kadirga Sokollu	5800	2	Kayılı 1996
Edirne Selimiye	37800	5	Kayılı 1986

<sup>9</sup> Yayınlarında Üsküdar Mihrimah Sultan Camisi ile ilgili hacim bilgisine ulaşamamıştır. Ancak yapı ölçek olarak Rüstem Paşa ve Sokollu Mehmet Paşa camileriyle benzeşmektedir. İç hacminin de 4000-6500 m<sup>3</sup> arasında olduğu kabul edilebilir.

**Çizelge 3.2.** Sinan camilerinde optimum ve ölçümlerle tespit edilmiş çınlama sürelerine ilişkin değerler.



## 4. ÖLÇÜMLER

### 4.1. Yersel Lazer Tarama

Günümüzde, teknolojideki gelişmeler sayesinde birçok meslek disiplini için gerekli olan ölçümleme, oldukça hassas, doğru, hızlı ve düşük maliyetlerde gerçekleştirilebilmektedir. Taşınmaz kültür varlıklarının değerlendirilmesinde koruma fikri, oldukça farklı görüşleri içinde barındırmaktadır. Bu görüşlerin bir kısmı; koruma sürecinde nesneye herhangi bir müdahalede bulunulmaması gerekliliğini savunurken, başka bir kısım da tarih içinde yapılan müdahalelerin de korunması gerektiğini savunmaktadır. Bu noktada birden fazla müdahale geçirmiş yapılarda restorasyon uygulaması yapılacağı zaman, yapının hangi dönemi esas alınarak restore edileceği büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde dünyadaki pek çok örnekte bu açmazın dijital restorasyon ve sergileme yöntemleriyle çözümlendiğini görmekteyiz.

Bu noktada da ölçümleme ve belgeleme oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Taşınmaz kültür varlıklarının sayısal ortama aktarılması sürecinde konvansiyonel yöntemlerin kullanılması, özellikle yapıların ölçükleri düşünüldüğünde, zaman, maliyet ve doğruluk hassasiyetinde kayıplara yol açabilmektedir. Bu kayıpların önüne geçebilmek için günümüzde çeşitli fotogrametrik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında maliyet ve sonuç ürün değerlendirmesinde önde gelen yöntemlerden birisi yersel lazer tarama yöntemidir.

Lazer tarama bize, genel anlamıyla çok sayıdaki koordinatlı nokta verisinden oluşan mekansal bir veri seti sunar. Bu sistem sayesinde, nokta verisi elde edilecek obje veya objelere fiziksel temasta bulunulmadan, 3 boyutlu tarama uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir. Bu uygulamalar arasında, amaca yönelik incelemeler, tersine mühendislik işlemleri, hızlı prototip oluşturma, deformasyon ölçümleri ve hesaplamaları, tarama verilerinden direkt olarak üretim yapma ve yeri değiştirilemeyen objelerin (fosiller, antikalar, tarihi eserler vb.) sayısal olarak arşivlenmesi gibi bir çok uygulama sıralanabilir. Bu amaçlarla lazer tarama teknolojisi her türlü mühendislik ve mimarlık çalışmalarında, arkeolojide, tıbbi çalışmalarda, üretim dallarında, zarar tespit uygulamalarında, ulaşım

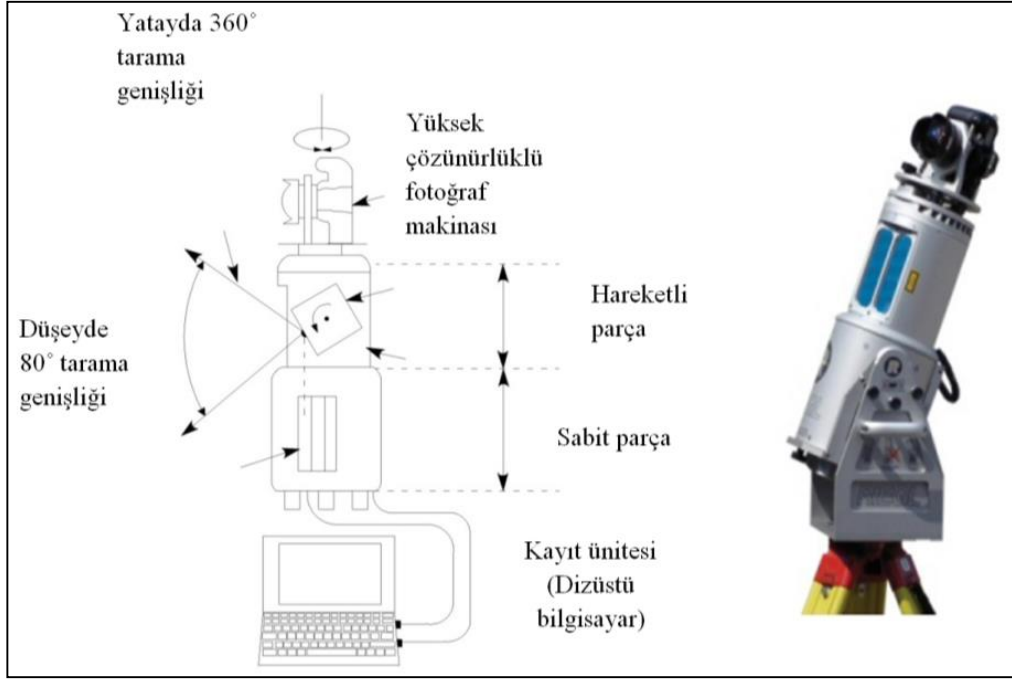
çalışmalarında kullanım imkanı olan bir teknolojidir. Lazer tarama sistemi yeni bir teknoloji olup ülkemizde de uygulama alanına girmiştir (Çabuk ve ark. 2009).

Bu metot, lazer ışınlarıyla ölçmeyi yapacak bir cihaz aracılığı ile veri toplama ve toplanan bu verilerin bilgisayar yazılımları kullanılarak kıymetlendirilmesi aşamalarından oluşur. Lazer tarama, hızlı veri toplama, yüksek nokta yoğunluğu (nokta bulutu), zengin 3 boyutlu görselleştirme özellikleri, renkli görüntü oluşturma, reflektörsüz ölçüm yapma, ulaşılması zor veya güvenli olmayan yerlerde ölçüm yapma imkanı sağlar.

#### **4.2. Kullanılan Ekipman**

Çalışma kapsamında veri toplamak için Riegl LMS Z-390i model 3B lazer tarayıcı kullanılmıştır. Bu lazer tarayıcı lazer ışını gidiş geliş zamanı ilkesine göre çalışmaktadır. Normal ışık ve yansıtma şartları altında 50 metre mesafede 6 mm hassasiyete sahip ve 1.5 - 400 metre arasında ölçüm yapabilmektedir. Tarayıcıdan çıkan lazer ışını yakın kızılötesi ve 0.7  $\mu\text{m}$  – 1.3  $\mu\text{m}$  arasında değişen dalga boyuna sahiptir. Tarayıcı 80° düşey eksen ve 360° yatay eksen yönünde dönme kabiliyetine sahiptir. Cihazın açısız çözünürlüğü 0.001° değerine kadar artırılabilir, saniyede 8000 - 11000 arası nokta verisi elde edebilme kapasitesine sahiptir (Çömert 2014).

Tarayıcı, objelere ait gerçek renk verisini elde etmek için kalibre edilmiş Nikon D200 kamera ile bütünleşik bir şekilde çalışmaktadır. Bu kamera 10.3 megapiksel DX formatlı CCD sensöre sahiptir. Nikon D200 kamera ile tarama işleminden sonra taranan alanın bindirmeli olarak fotoğrafları çekilir. Çekilen fotoğraflar nokta bulutunun renklendirilmesi için kullanılır. Riegl LMS Z-390i lazer tarayıcı Riscan Pro yazılımı tarafından kontrol edilmektedir. Bu yazılım tarayıcının ve kameranın kontrolü, verilerin toplanması, verilerin görselleştirilmesi, verilerin işlenmesi ve verilerin arşivlenmesi gibi birçok işlevi yerine getirmektedir (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1.** Çalışmada kullanılan lazer tarayıcı ve özellikleri (Çömert 2014)

Fotoğraf makinası ile yapılan ölçümlelerde ise Canon Power Shot SX10IS fotoğraf makinası, 20x 5.0-100.0 mm değerlerine sahip Canon zoom lens ile birlikte ve Nikon D200 fotoğraf makinası 14mm, 35 mm ve 85 mm Nikkor lensler ile birlikte kullanılmıştır. Fotoğrafla belgelemenin ikinci aşamasında ise Nikon D5100 fotoğraf makinası, Nikkor 18-300mm lens ile birlikte kullanılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan fotoğraf makinaları

### 4.3. Çalışma Alanı

Bahsedildiği gibi bugüne kadar Mimar Sinan'ın camilerinde yapılmış akustiğe yönelik çalışmalarda Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nin, günümüz koşullarında yapılan ölçümlere göre optimum çınlama süresi aralığında olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yapının üst örtüsünde rezonatör olduğu düşünülen delikler gözlemlenmiştir. Bu koşulların yanı sıra, yapının tipinin de ölçülemeye uygun olması nedeniyle, yapı çalışma alanı olarak seçilmiştir.

İstanbul Kadirga semtinde bulunan cami Sokollu Mehmet Paşa<sup>10</sup>'nın eşi Esmehan Sultan tarafından 1571-72 yıllarında tamamlanmıştır. 433,84 m<sup>2</sup>'lik bir

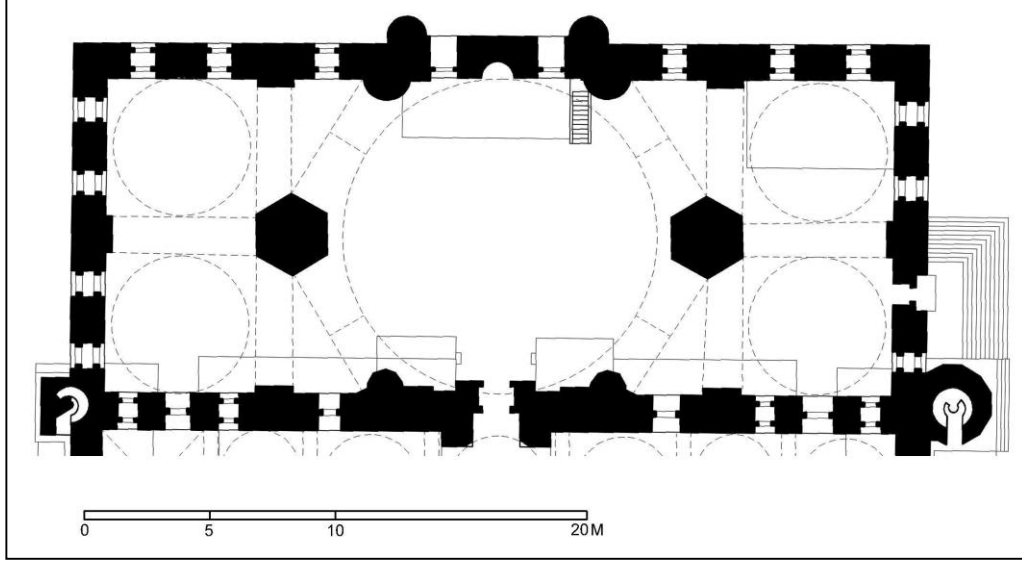
<sup>10</sup> Sokollu Şehit Mehmet Paşa, ulaşılan kayıtlara göre bugünkü Bosna Hersek sınırları içinde bulunan Sokoloviç köyünde, 1505 yılında dünyaya gelmiştir. 1546'da Barbaros Hayrettin Paşa'nın ardından Kaptan-ı Derya olarak atanmış, 1561 yılında 3. Vezirken II. Selim'in kızı Esmahan Sultan ile evlenmiş, 1565 yılında da 14 yıl sürecek olan sadrazamlık görevine başlamıştır. Mehmet Paşa, I. Süleyman, II. Selim ve III. Murad dönemlerinde Vezir-i azamlık yapmış, 1579 yılında akli dengesi yerinde olmadığı iddia edilen bir kişi tarafından yapılan suikastta öldürülmüştür. Sokollu'nun ölümü oldukça şaibelidir. Osmanlı tarihinin en kuvvetli sadrazamlarından olan Paşa, III. Murad döneminde güç kaybetmeye başlasa da, oldukça köklü bir çevreye sahipti ve devlet işlerindeki etkisi devam etmekteydi (Ortaylı 2013).

iç alana sahip, iç hacmi 5700 m<sup>3</sup> olan caminin ana kubbesi yerden 22,8 metre yükseklikte, kubbe çapı ise 13 metredir. Kubbe güneyde beden duvarıyla, kuzeyde iki payeyle, doğu ve batıda ise diyagonal ikişer yarım kubbeyle desteklenir. Caminin minberi, pandantifleri ve mihrap duvarının orta bölümü İznik çinileriyle kaplıdır. Mihrap ise mermerdendir. Cami 1940'lı yıllarda onarım görmüştür (Kuran 1986).

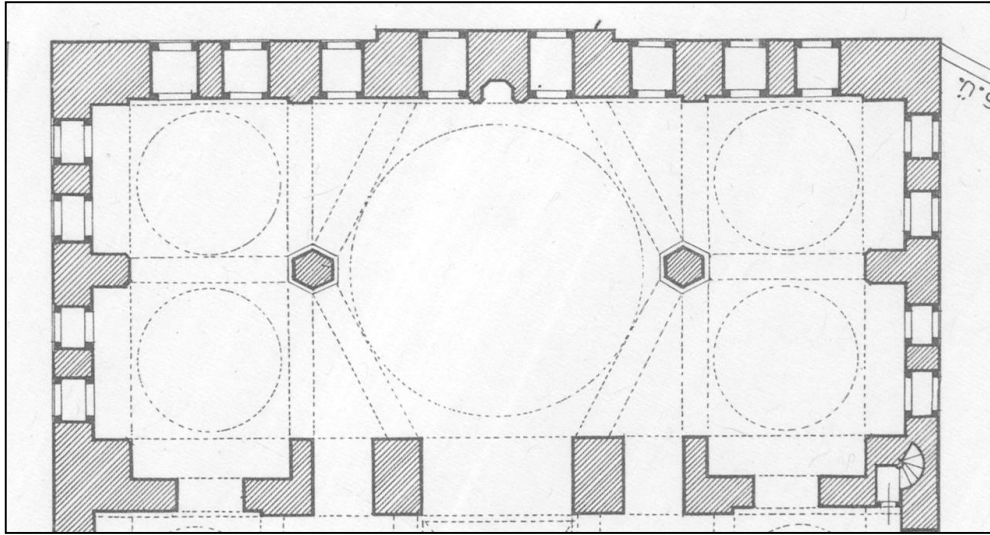
Mehmet Paşa'ya doğum yerinden dolayı *Sokollu*, iki metreden uzun olduğu söylenen boyundan dolayı *Tavil* ve suikast sonucu öldürülmesinden dolayı *Şehit* lakaplarını almıştır (Ortaylı 2013). Bu nedenle cami de birden farklı isimle anılmaktadır.

Sokollu Mehmet Paşa Camisi Sinan'ın üretim ve çözümleme sürecinin de izlenebildiği eserlerinden bir tanesidir. Bölüm 2.1'de bahsedildiği gibi Mimar Sinan, sermimar olmadan önce yeniçeri ocağında, o dönemde Osmanlı Sarayı'nın düzenlediği seferlere katılmış ve bu seferlerde de kuşkusuz çok sayıda yapı inceleme fırsatı bulmuştur. Kendi mimari anlayışını da incelediği düşünülen eserlerden yola çıkarak geliştirdiğini söylemek doğru bir yaklaşım olacaktır. Bahsedildiği gibi Mimar Sinan'ın eserlerinde belirli bir gelişim şeması izlenebilmektedir. Bu şema Sinan'ın merkezi kubbe planıyla tasarladığı camilerine, kubbe desteklerine göre bir tipoloji yapıldığında daha iyi görülmektedir. Sinan camilerini ana kubbeyi taşıyan desteklere göre dört, altı ve sekiz destekli olarak üçe ayırmak mümkündür. Bu sınıflamada her bir grubun Sinan öncesi bir ön örneği, Sinan'ın neredeyse bire bir inşa ettiği benzer örneği ve benzer örnekte deneyimlediği sorunları çözdüğü nihai örneği ortaya çıkmaktadır. Çalışma konumuz olan Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi de, altı destekli plan tipinin nihai örneği olarak gösterilebilir. Altı destekli plan tipinin ön örneği olarak 1447 yılında inşa edilen Edirne Üç Şerefeli Cami'yi gösterebiliriz. Yapının planına baktığımızda minbere paralel uzunlamasına bir gelişim izlendiği görülmektedir (Şekil 4.3). Caminin ana mekanı ortada büyük, yan mekanlarda ise ikişer küçük kubbe ile örtülmüştür. Ancak ana kubbeyle küçük kubbeler arasındaki geçişte küçük dik üçgenlerden oluşan alanlar oluşmaktadır. Bu da mekan bütünlüğünü bozan bir unsurdur. Sinan 1555 yılında inşa ettiği Sinan Paşa Camisi'nde aynı plan tipini kurmuş ve aynı sorunla karşılaşmıştır (Şekil 4.4). Bir iki yıl sonra inşa ettiği Kara Ahmet Paşa Camisi'nde ise yan sahınları orta

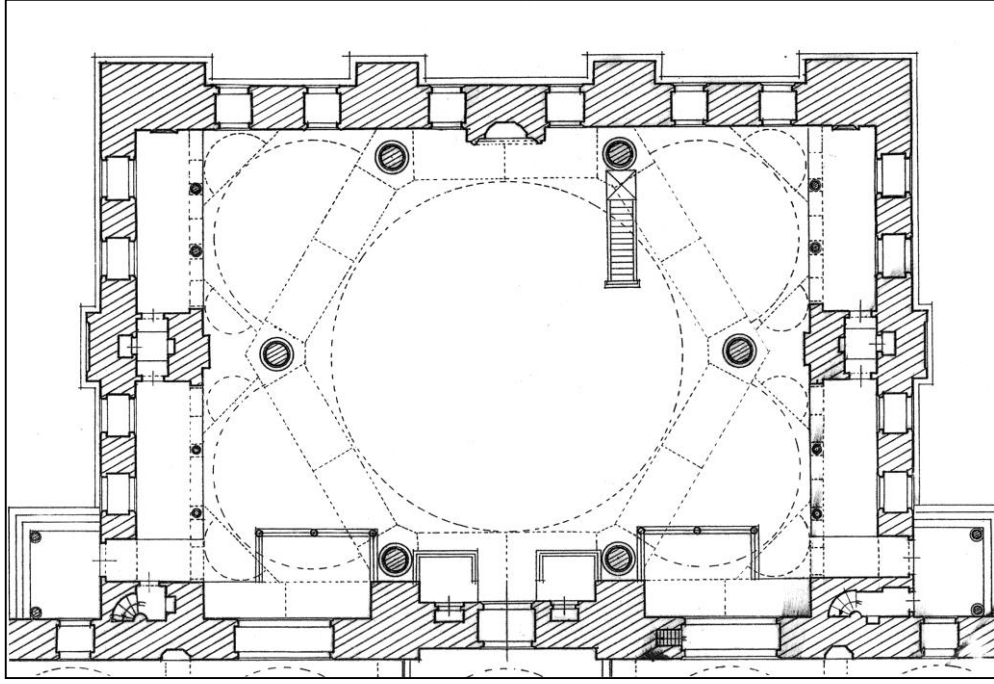
mekanla birleştirerek mekan bütünlüğünü sağlamış ama enine gelişen dikdörtgen planı çözememiştir (şekil 4.5). Altıgen çardaklı plan tipinin en gelişmiş örneği ise Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'dir. Sinan bu eserinde merkezi kubbe altında topladığı bölüntüsüz eşkenar yapı tipine ulaşmıştır (şekil 4.6).



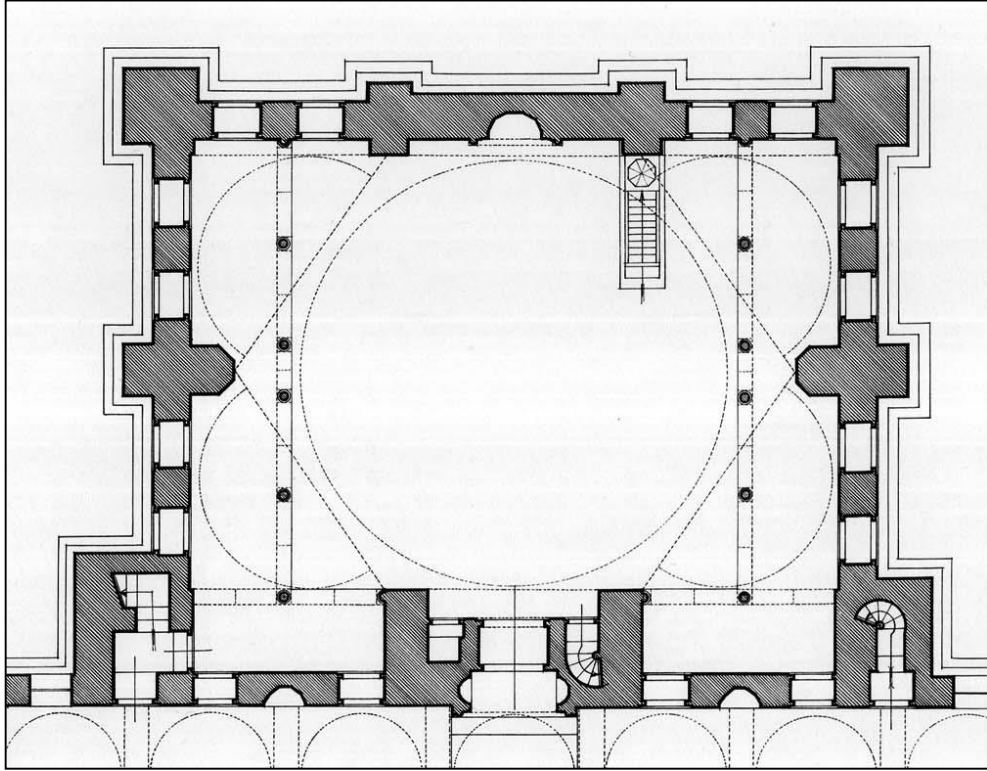
şekil 4.3. Edirne Üç Şerefeli Cami (1447) (Rabbat 2003)



şekil 4.4. Sinan Paşa Camisi (1555) (Ülgen 1985a)



Şekil 4.5. Kara Ahmet Paşa Camisi (1559) (Ülgen 1985b)



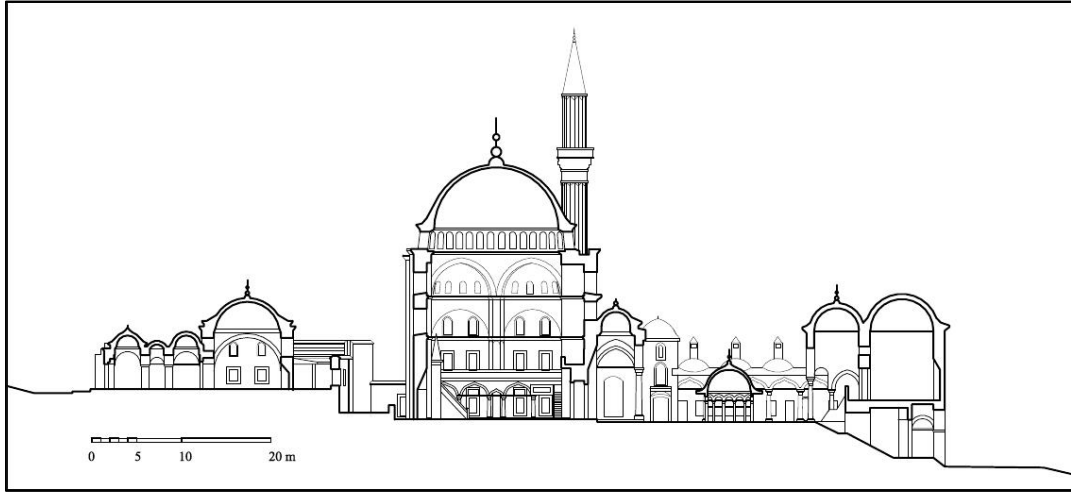
Şekil 4.6. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi (1572) (Ülgen 1985c)

Kubbe desteklerine göre yapılan bu tipoloji ele alındığında, altı destekli plan tipinin sonuç ürünü olan Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nin, dört destekli

plan tipinin sonuç örneği İstanbul Süleymaniye ve sekiz destekli plan tipinin sonuç ürünü Edirne Selimiye Camileri ile benzeştiği, onlar kadar önemli ve mimari açıdan tamamlanmış bir yapı olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Bu tipoloji aynı zamanda bize; Sinan'ın bütün destek tiplerini bölüntüsüz tek merkezli mekana ulaşmak için kullandığı ve sonucunda da anıtsal cami mimarisinin zirvesi olan Selimiye Camisi'nde uyguladığı nihai plan tipine ulaşmak için kullandığı bir çözümlene tipi olabileceğini de göstermektedir. Keza Selimiye'de sekiz destekle yaptığı uygulamada olduğu gibi, Sokollu'da da altı destek, mekanın bütünlüğünü bozmayacak şekilde beden duvarlarına yaklaştırılmıştır ve yapı içindeki bütünlük algısını bozmamaktadır.

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Külliyesi'nin bir diğer önemli özelliği ise bulunduğu arazidir. Esas girişle avlu kotu arasında 5 metre, avlu ile tekke girişi arasında ise 4 metre vardır (Kuban 2007) (Şekil 4.7, 4.8). Bu kadar zorlu bir topografyada inşa edilmiş cami, Sinan'ın yapı-arsa ilişkisinde ortaya koyduğu çözümler açısından oldukça dikkat çekici bir örnektir.



Şekil 4.7. Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi kesiti (Arapi 2005)



Şekil 4.8. Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi doğu girişi (Özgüleş 2007)

Sadrazam camileri arasında en büyüklerinden olan Sokollu Mehmet Paşa Camisi çini kullanımıyla da dikkat çekmektedir. Külliye de çok sayıda, oldukça nitelikli 16. yüzyıl İznik çinileri kullanılmıştır. İçinde 500’den fazla yazma eser bulunan kütüphanenin giriş kapısı üzerindeki çini kitabede yazan Hadis-i Şerif dikkat çekicidir. Kitabede “Talebul ilmi ferizatun ala külli müslimun ve müslimetun” yani “İlim talep etmek Müslüman erkek ve kadınlara farzdır.” yazmaktadır (Şekil 4.9). Bu kütüphane günümüzde Kur’an kursu olarak kullanılmaktadır. İçindeki yazmalar ise Süleymaniye kütüphanesine taşınmıştır. Son cemaat yerinde de Fatiha Suresi’nin yazıldığı çini panolar dikkat çekmektedir (Ortaylı 2013). Cami içerisinde de mihrap duvarı kubbe eteğine kadar çinilerle bezenmiştir. Bunun dışında cami içerisindeki pek çok noktada çini panolar kullanılmıştır, pandantiflerin tümü de çini ile kaplıdır.

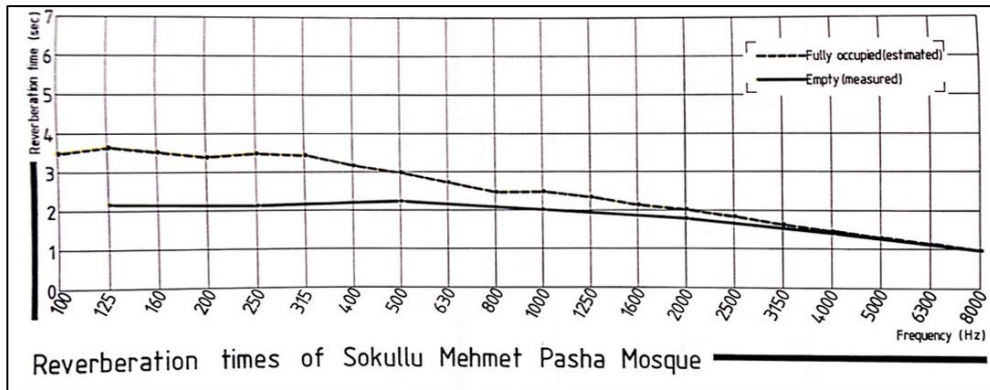


Şekil 4.9. Kütüphane girişi üzerindeki kitabe

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi, Edirnekapı Mihrimah Sultan Camisi'nden sonra Sinan'ın en fazla ışık alan, en fazla pencere açıklığı olan yapılarından biridir. Aptullah Kuran (1986), yapıda toplamda 100 adet pencere olduğunu söylemektedir.

Bahsedildiği gibi 2000-2003 yılları arasında gerçekleşen CAHRISMA Projesi kapsamında, Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi de kapsamlı şekilde ele alınmıştır. Proje kapsamında farklı üniversiteler tarafından caminin mimari ve akustik simülasyonları yapılmış ve değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde, sese renk verecek kadar bir tını elde edildiği ve konuşma sesinin de yüksek frekanslardaki çınlamaların kontrol edilmesi sebebiyle anlaşılabilirliğinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Fausti ve ark. 2003).

Ayrıca Mutbul Kayılı (1996), cami boşken yaptığı ölçümlerde çınlama süresini yaklaşık 2 saniye olarak vermiştir. Caminin iç hacmi 5700 m<sup>3</sup>'tür Dolayısıyla bu çınlama süresi Şekil 3.3'de gösterilmiş tabloya göre optimum sınırlar içindedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi çınlama süresi grafiği (Kayılı 1996)

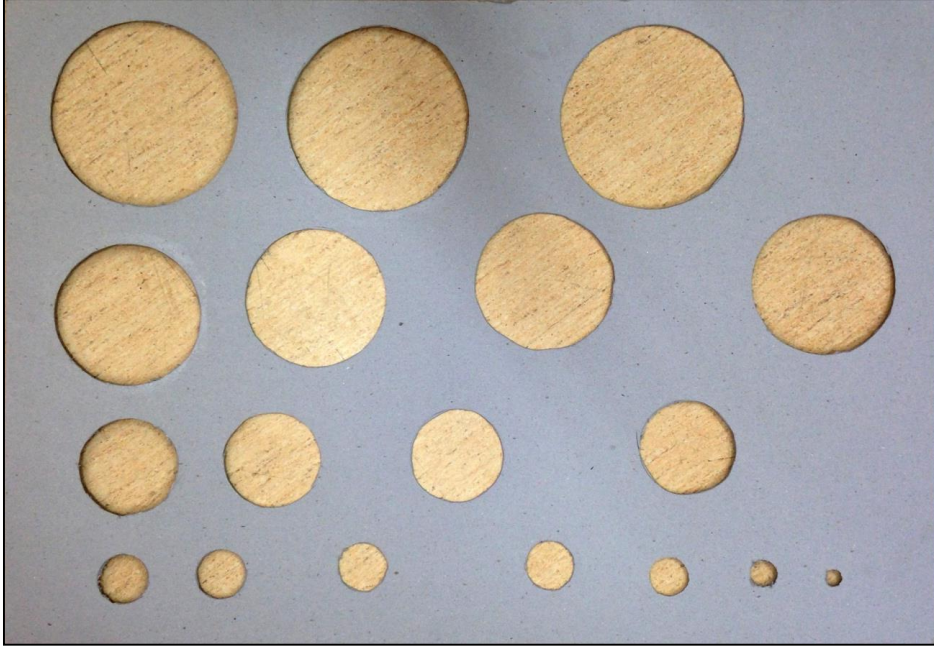
#### 4.4. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İlk Belgeleme

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde yapılacak ölçümleme çalışması için üst örtü, yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinası ile belgelenmiştir. Belgelemede, yayınlarda rezonatör olarak geçen delikler tespit edilmeye çalışılmış, üç mahfil ve harim zemininden yapılan fotoğraflamayla, bulunan delikler detaylı olarak resimlenmiştir.

#### 4.5. Lazer Ölçümleme Öncesi Ön Çalışma

Yersel lazer tarayıcıların kullanıldığı çalışmalara yönelik yapılan literatür taramasında bu çalışmada kullanılan Riegl Z-390i model tarayıcının benzer bir mimari yapıda kullanıldığı ve elde edilen verilerin hassasiyetinin yorumlandığı bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Dolayısıyla kullanılan tarayıcının istenilen sonuçları verip veremeyeceğini test etmek için bir ön çalışma yapma ihtiyacı duyulmuştur. Bu ön çalışmada Mimar Sinan camilerinde kullanılmış rezonatörlerin ağız çapları, kubbelerin harim ve mahfil zeminlerinden yükseklikleri göz önünde bulundurularak basit bir model oluşturulmaya çalışılmıştır.

Modelde 100x70 cm boyutlarındaki karton bir levhaya 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 cm çaplarında. 5, 10, 15 cm aralıklarla 18 adet delik açılmıştır. Daha sonra bu levha ahşap bir yüzeyin 20 cm önünde yerleştirilmiştir (Şekil 4.11). Lazer tarayıcı modelden 30, 25 ve 20 metre uzaklıklara yerleştirilerek, farklı hassasiyetlerde taramalar yapılmıştır (Şekil 4.12, 4.13, 4.14). Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'te yapılan taramaların açısal çözünürlük değerleri, her pozun ne kadar sürede tamamlandığı ve kaç nokta elde edildiği ile ilgili veriler gösterilmiştir.



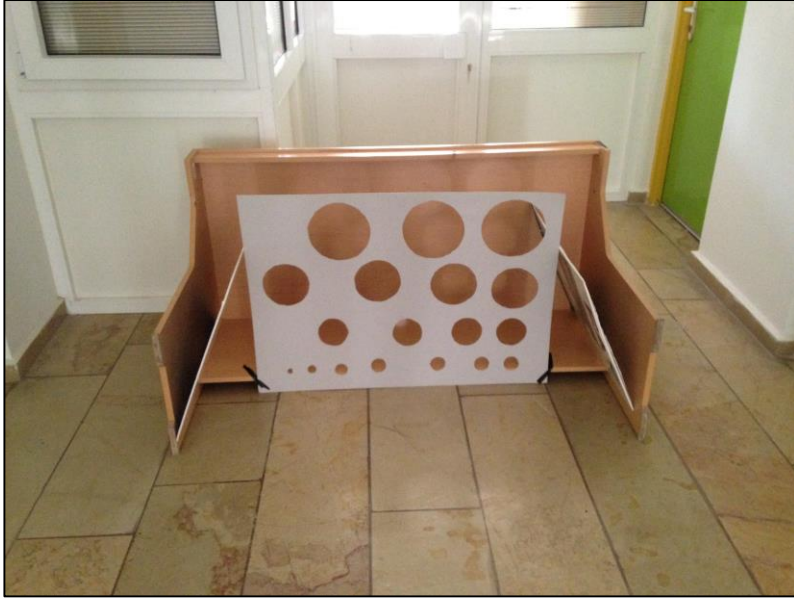
Şekil 4.11. Model ölçüm için kullanılan karton levha



Şekil 4.12. Model ölçümde lazer tarayıcının konumu



Şekil 4.13. Model ölçüm için kullanılan karton levhanın konumu



Şekil 4.14. Model için kullanılan levha detay

Çizelge 4.1. Modele 30 metre uzaklıktan yapılan tarama sonuçları

ScanPos01		30 metre	
Poz No	Açısal Çözünürlük (°)	Süre	NoktaSayısı
Scan 1	0.041	19"	19940
Scan 2	0.010	01' 17"	89604
Scan 3	0.005	01' 53"	362576
Scan 4	0.002	4' 57"	2276083

Çizelge 4.2. Modele 25 metre uzaklıktan yapılan tarama sonuçları

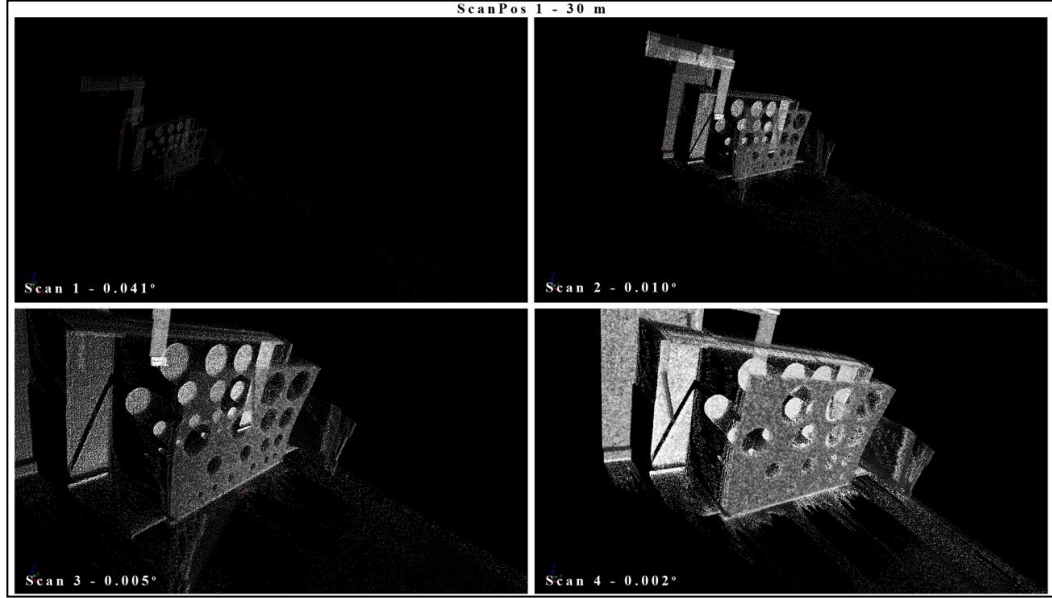
ScanPos02		25 metre	
Poz No	Açısal Çözünürlük (°)	Süre	NoktaSayısı
Scan 1	0.041	19"	20944
Scan 2	0.010	01' 24"	39116
Scan 3	0.005	04' 39"	1442644
Scan 4	0.002	04' 39"	2023272

Çizelge 4.3. Modele 20 metre uzaklıktan yapılan tarama sonuçları

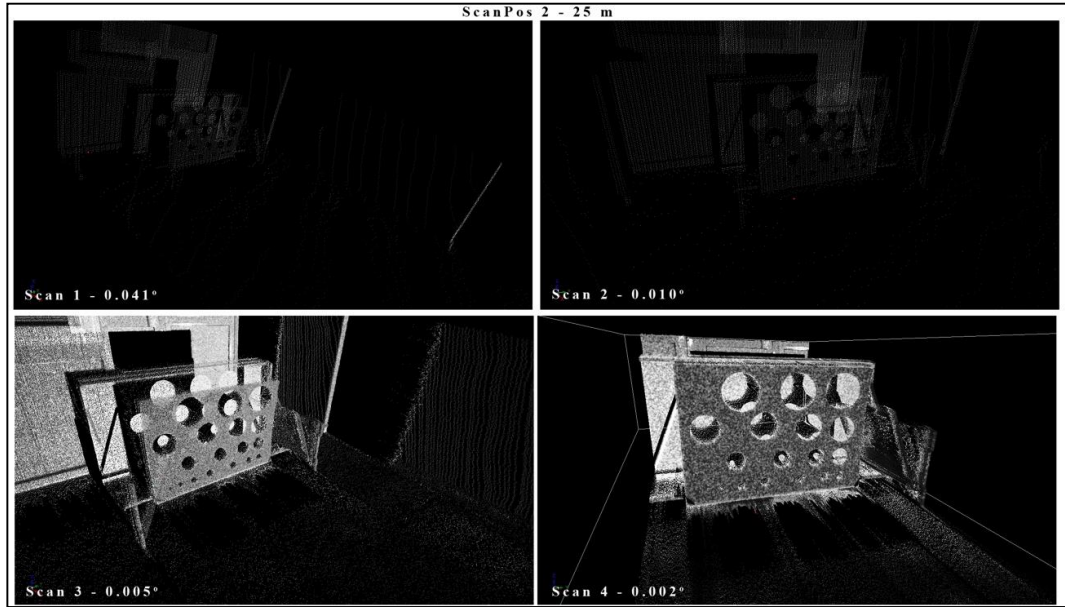
ScanPos03		20 metre	
Poz No	Açısal Çözünürlük (°)	Süre	NoktaSayısı
Scan 1	0.041	25"	6426
Scan 2	0.010	46"	12180
Scan 3	0.005	02' 19"	448910
Scan 4	0.002	06' 07"	2822796

Yapılan bu model ölçümleme sonucunda, kullanılacak olan lazer tarayıcının 30 metre uzaklıktan, çapı 2 cm olan bir açıklığı bile hatasız olarak algıladığı görülmüştür (Şekil 4.15, 4.16, 4.17). Ölçümleme yapılacak olan Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nin, harim zemininden kubbe yüksekliği 22,8 metredir. Bu sonuçlar doğrultusunda Riegl LMS Z-390i lazer tarayıcının istenilen verilerin elde

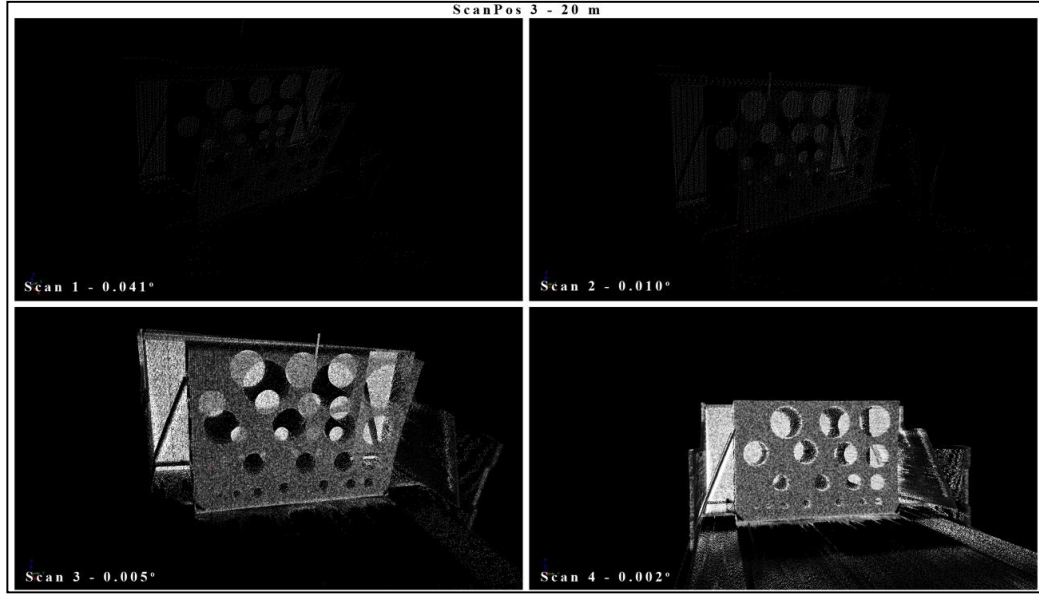
edilmesi için yeterli olduğu sonucuna ulaşılmış ve çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir.



şekil 4.15. 30 metreden yapılan farklı hassasiyetteki taramalar sonucunda elde edilen nokta bulutları



şekil 4.16. 25 metreden yapılan farklı hassasiyetteki taramalar sonucunda elde edilen nokta bulutları



Şekil 4.17. 20 metreden yapılan farklı hassasiyetteki taramalar sonucunda elde edilen nokta bulutları

#### 4.6. Lazer Ölçümleme

Yapılacak ölçümleme için 17 Şubat 2014 tarihinde Fatih Müftülüğü'nden alınan izin doğrultusunda (Ek-1), çalışma ekibi ile birlikte 26 Mart 2014 tarihinde Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'ne gidilmiştir. İlk gün bir ön tarama yapılmış ve bir çalışma programı belirlenmiştir. Bu noktada en verimli sonuçların harim zemininden değil mahfillerden elde edileceğine karar verilmiştir. 27 Mart 2014 Perşembe günü sabah 09:00 itibariyle camideki ölçümlemeye başlanmıştır. Gün içinde camide, lazer tarayıcıyla toplam 14 farklı pozdan veri toplanmıştır. İlk 4 poz doğu mahfil, 5. ve 6. pozlar kuzey mahfil, 7, 8, 9, 10 ve 11. batı güney mahfil ve son iki poz da harim zeminindedir. Ölçümleme 27 Mart 2014 Perşembe saat 18:30'da sona ermiştir (Şekil 4.18, 4.19).

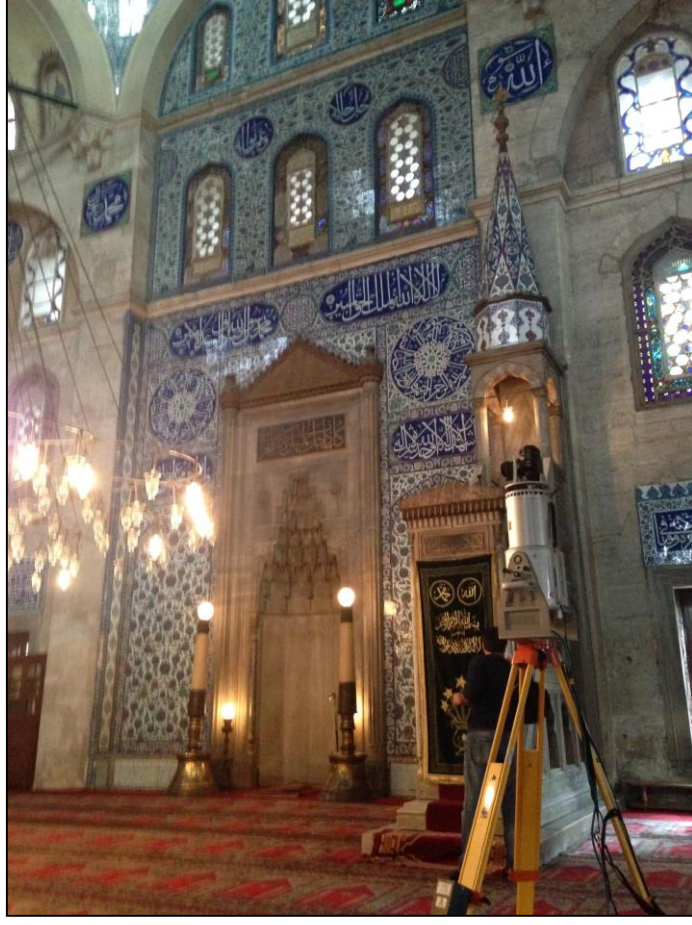
Şekil 4.20 ve 4.21'de tarama yapılan istasyonların yerleri plan ve kesit üzerinde gösterilmiştir. Görüldüğü üzere ScanPos 1,2,3 ve 4, ScanPos 5 ve 6 ve ScanPos 7,8,9,10 aynı noktalardan yapılmışlardır. Ancak her grubun kendi içinde tarayıcının noktasal olarak yeri aynı iken tarama açısı ve yönü farklılık göstermektedir.

Çizelge 4.4'te ise yapılan taramaların poz numaralarına göre açısal çözünürlük değerleri, her pozun ne kadar sürede tamamlandığı, kaç nokta elde

edildiği ve tarama konumu ile ilgili veriler gösterilmiştir. Tarayıcının hangi sıklıkta nokta leeği açısal çözünürlük değeriyle alakalıdır. Açısal znrlk değerinin tarayıcı ve taranan nesne arasındaki mesafe farkına göre belirlenmesi gereklidir. Aradaki mesafe arttıa daha sık aralıklarla ölçüm yapabilmek için açısal çözünürlük arttırılmalı, yani açı değeri düşürülmelidir (Avdan ve ark. 2013). Belgelenecek olan st örtünün tarayıcıya uzaklığı 10 metreden fazla ve belgelenmek istenen anomalilerin boyutu ve birbirine uzaklığı oldukça küçük olduğu için, yapılan taramada açısal çözünürlüğün açı değeri en dşkte tutulmuştur. Bu da elde edilen nokta sayısını arttırmış ve çözünürlüğü yükseltmiştir.



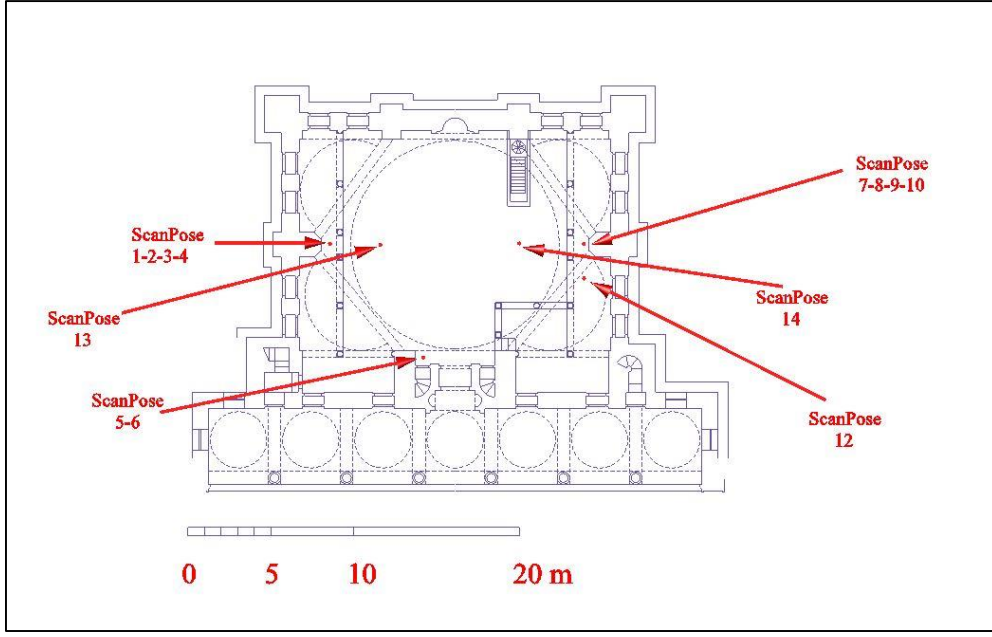
şekil 4.18. Doğu Mahfilden yapılan ölçümleme



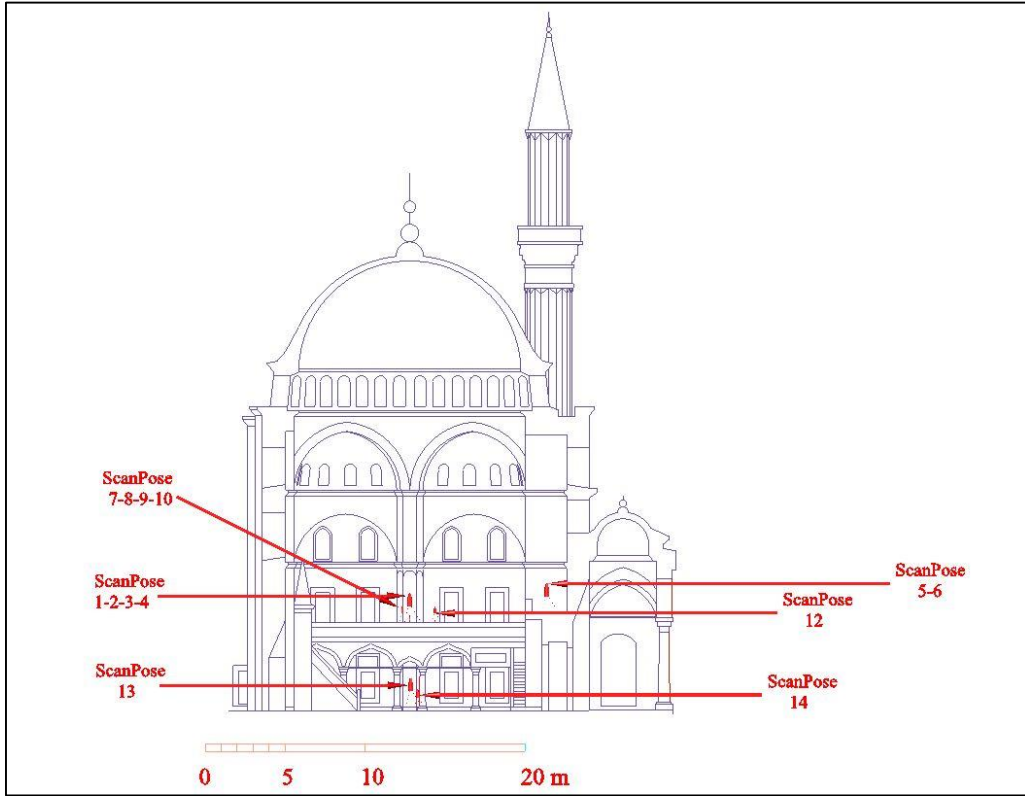
Şekil 4.19. Harim zemininden yapılan ölçümleme

**Çizelge 4.4.** Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde yapılan lazer tarama değerleri

<b>Poz No</b>	<b>Açısal Çözünürlük (°)</b>	<b>Süre</b>	<b>NoktaSayısı</b>	<b>Konum</b>
ScanPos 1	0.110	04' 56"	2378744	Doğu Mahfil
ScanPos 2	0.020	27' 50"	12806035	Doğu Mahfil
ScanPos 3	0.015	20' 15"	8767664	Doğu Mahfil
ScanPos 4	0.015	22' 04"	2822796	Doğu Mahfil
ScanPos 5	0.110	4' 56"	2378744	Kuzey Mahfil
ScanPos 6	0.015	40' 43"	22651272	Kuzey Mahfil
ScanPos 7	0.110	4' 56"	2378744	Batı Mahfil
ScanPos 8	0.015	31' 58"	17359362	Batı Mahfil
ScanPos 9	0.015	17' 39"	6830380	Batı Mahfil
ScanPos 10	0.015	19' 23"	8283000	Batı Mahfil
ScanPos 11	0.015	5' 33"	1001677	Batı Mahfil
ScanPos 12	0.015	4' 30"	660100	Batı Mahfil
ScanPos 13	0.120	4' 31"	2179152	Harim Zemin
ScanPos 14	0.120	4' 31"	2179152	Harim Zemin
<b>Toplam Nokta Sayısı</b>			92676822	



Şekil 4.20. Tarama yapılan istasyonların plan üzerinde gösterimi



Şekil 4.21. Tarama yapılan istasyonların kesit üzerinde gösterimi

Yapılan ölçümlerde i7 işlemcili, işlemci hızı 2.90GHz olan, 16GB RAM'e sahip Dell marka dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

#### **4.7. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İkinci Belgeleme**

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde lazer tarayıcı ile yapılan ölçümlenin ardından, elde edilen veriler doğrultusunda yapıya daha iyi bir fotoğraf makinası ile giderek belgeleme yapma gereği duyulmuştur. Alınan izin sayesinde yapının üç yöndeki mahfillerinden, çok sayıda detay fotoğraf elde edilmiştir.

Bu aşamada örnekleme amacıyla, Mimar Sinan'ın inşa ettiği Kılıç Ali Paşa, Tahtakale Rüstem Paşa ve Süleymaniye Camileri'nde de fotoğrafla belgeleme yapılmıştır.

#### **4.8. Verilerin İşlenmesinde Kullanılan Yazılım ve Donanım**

Alanda toplanılan veriler, ofis ortamında değerlendirilmiştir. Bunun için 6 çekirdekli Xeon işlemcili, işlemci hızı 2.67GHz olan, 64GB RAM'e sahip HP marka masaüstü bilgisayar kullanılmıştır. Riscan Pro yazılımında birleştirilen nokta bulutları Geomagic yazılımına aktarılmış, bu yazılımda üçgenleme tekniği kullanılarak katı modeller elde edilmiştir. Sonuç ürünleri ise AutoCAD 2015 yazılımında işlenmiştir.

Bu noktada elde edilen verilerin tümünü tek seferde işlemek mümkün olmamıştır. Bu sorunu aşabilmek için nokta azaltmak yerine, iç bükey yüzeyler ayrı ayrı çalışılmıştır. Ancak ana kubbede bu çözüm de yeterli olmadığından sonuç modelleri üretilirken nokta azaltma yapmak zorunda kalınmıştır.

Çalışma boyunca kullanılacak tüm ölçüler ise direkt olarak Riscan Pro yazılımında, nokta bulutu üzerinden elde edilmiştir. Bu şekilde modelleme esnasında oluşabilecek matematiksel bozulmalardan kaçınılmaya çalışılmıştır.

## 5. BULGULAR

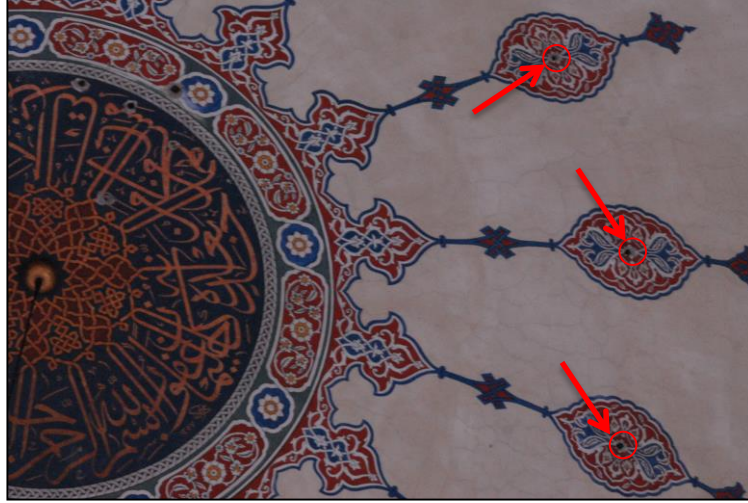
### 5.1. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İlk Belgeleme

Fotoğraf makinası ile yapılan belgelemede, yayınlarda bahsedildiği gibi ana kubbede, iki ayrı çemberde 18'er tane, toplamda 36 tane anomali tespit edilmiştir. Bu anomalilerin ilk çemberi, kubbe süslemesinde merkezden uzanan 18 adet oval madalyonun tam merkezinde yer almaktadır. Dolayısıyla ilk bakışta fark edilmesi zordur (Şekil 5.1).

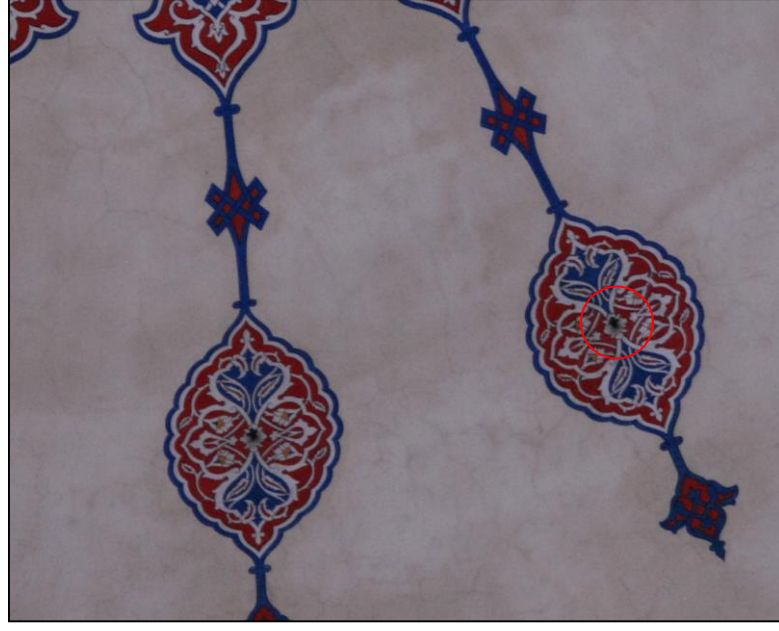
İkinci çember de kubbe eteğine yakın yer almaktadır. Kubbe eteğinde bir büyük bir küçük olmak üzere simetrik şekilde dizilmiş zemin rengi kırmızı olan rumi paftalar bulunmaktadır. Bu paftalardan küçük olanların hemen üzerinde de penç motifinden çarkıfelek görünüşü veren yapraklı bir desen vardır (Pamuk 2013) (Şekil 5.2, 5.3, 5.4). Toplamda 18 adet olan bu desenlerin ortasında da delikler tespit edilmiştir. Özellikle Mutbul Kayılı'nın vurguladığı, ana kubbedeki 36 adet rezonatör bunlardır. Kayılı, 21-04-2011 tarihinde, Atılım Üniversitesi'nde düzenlenen, "*Mimar Sinan Günleri 2*" etkinliği kapsamında yaptığı konuşmasında, Kadırga Sokollu Camisi'nde ana kubbede bulunan rezonatör ağızlarının bunlar olduğunu vurgulamış, görsel sunumda da bunu oklarla işaretleyerek göstermiştir (Kayılı 2011) (Şekil 5.5).



Şekil 5.1. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbeden elde edilen genel görüntü



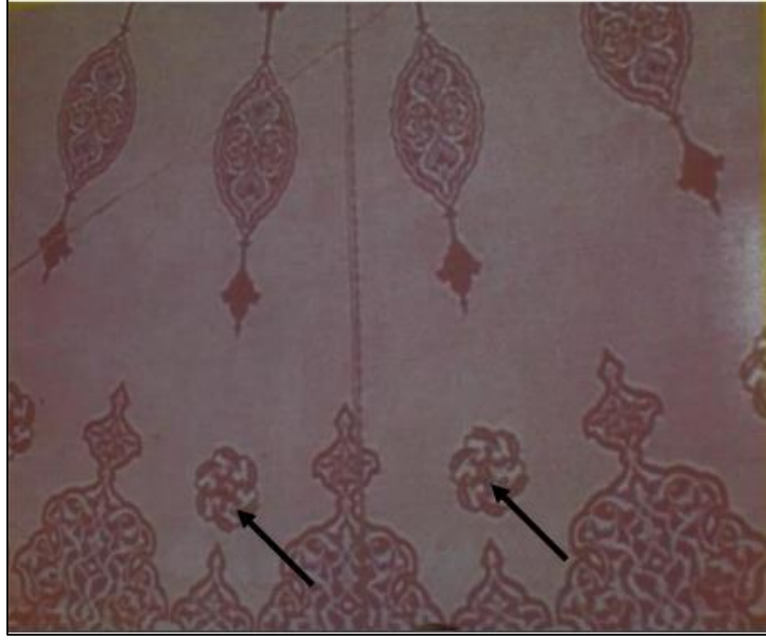
Şekil 5.2. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbeden elde edilen detay görüntü



Şekil 5.3. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbedeki anomalilerden elde edilen detay görüntü

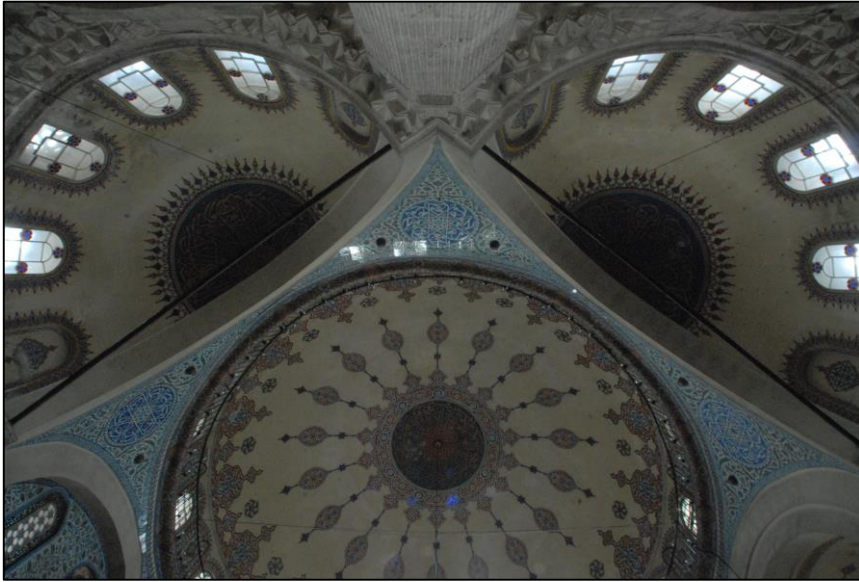


Şekil 5.4. Fotoğraf Makinası ile yapılan ilk belgelemede ana kubbe eteğinden elde edilen detay görüntü



Şekil 5.5. Mutbul Kayılı'nın sunumundan ekran alıntısı (2011)

Bu belgelemede yarım kubbelerde de çok sayıda delik olduğu tespit edilmiş ancak elde edilen resimler üzerinden bu deliklerin sayılması mümkün olmamıştır (Şekil 5.6, 5.7). Ancak güneydoğu yarım kubbede sadece 4 adet delik görülebilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.6. Caminin doğu tarafındaki yarım kubbeler

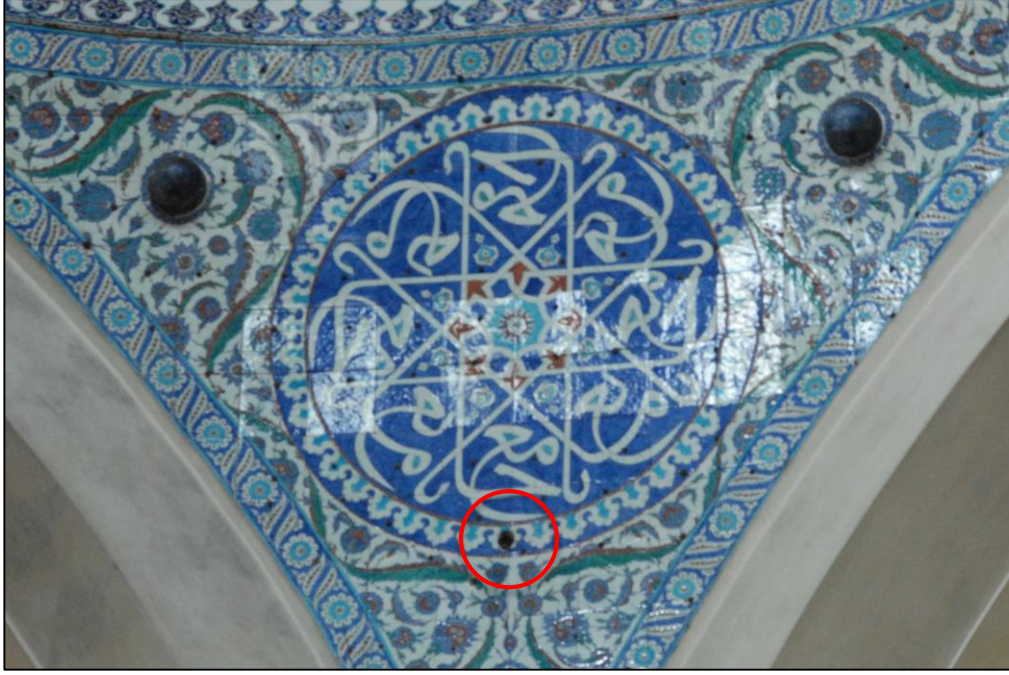


Şekil 5.7. Kuzeydoğu yarım kubbenin, batı mahfilden çekilmiş fotoğrafı



Şekil 5.8. Güneydoğu yarım kubbenin fotoğrafı

Bu belgeleme esnasında pandantiflerin orta noktasına yakın bölgelerde de ana kubbedeki deliklere benzeyen delikler tespit edilmiştir (Şekil 5.9).

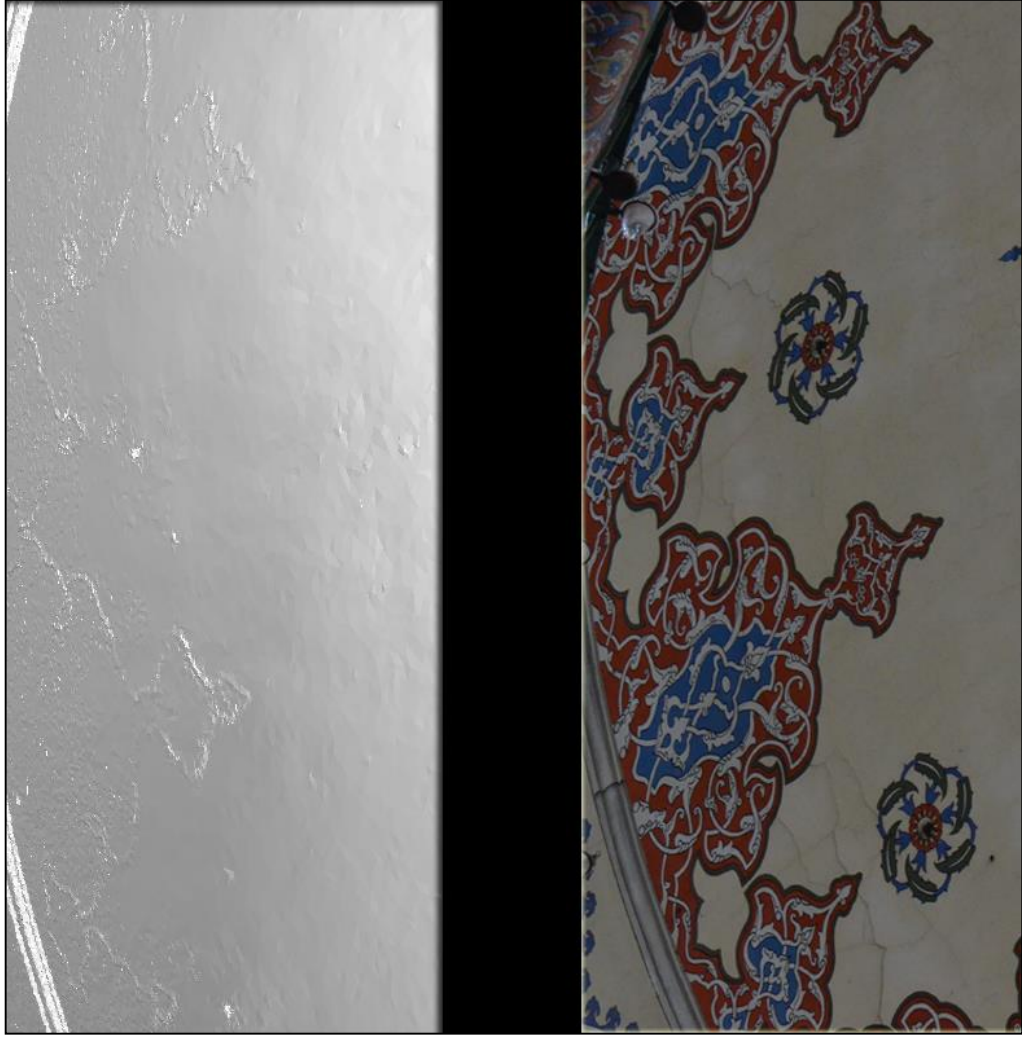


Şekil 5.9. Doğudaki yarım kubbeler arasındaki pandantifin ortasındaki delik

## 5.2. Lazer Tarayıcı İle Yapılan Ölçümleme

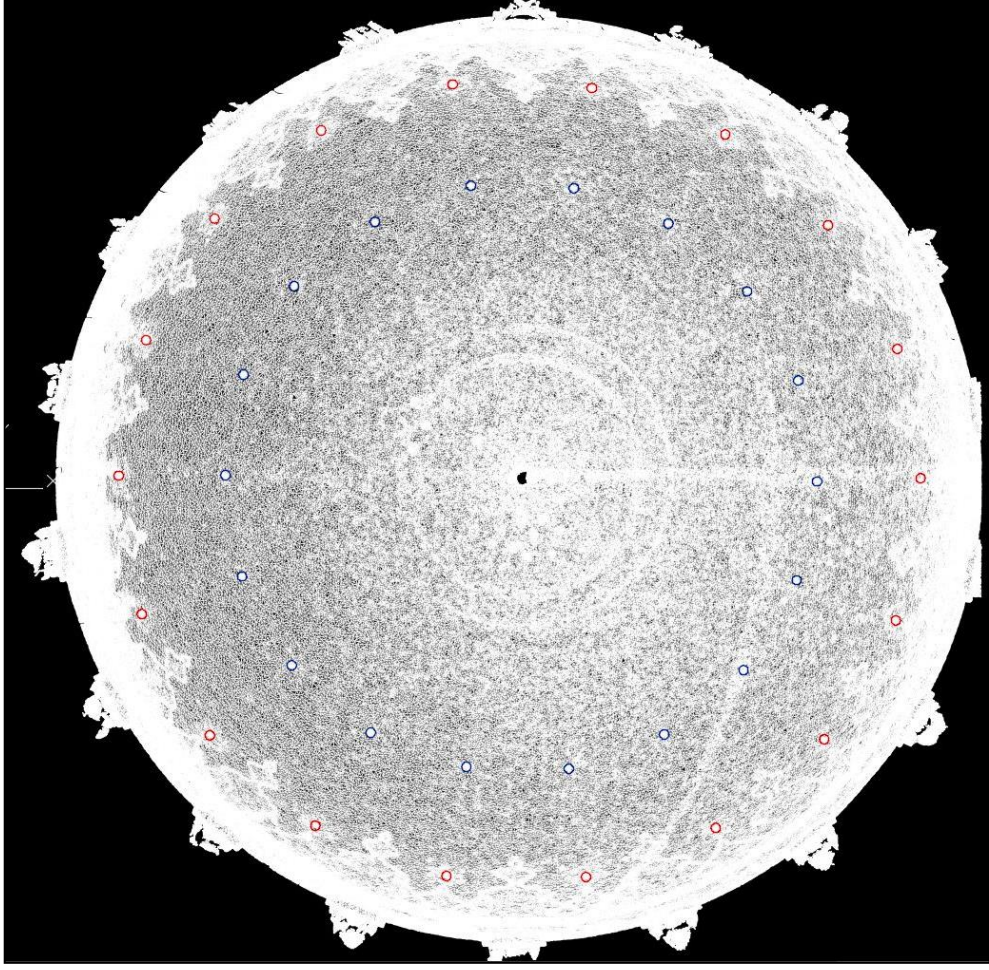
Lazer tarayıcı ile yapılan ölçümleme sonucu elde edilen veriler katı model haline getirildiğinde bu ağızların konumu ve boyutları oldukça net bir biçimde ortaya konulabilmiştir.

Oldukça hassas yapılan taramada, süslemedeki kalem işlerinin boyası dahi belgelenebilmiştir. Şekil 5.10, tarama hassasiyetinin görsel olarak ortaya konulması açısından oldukça önemlidir.

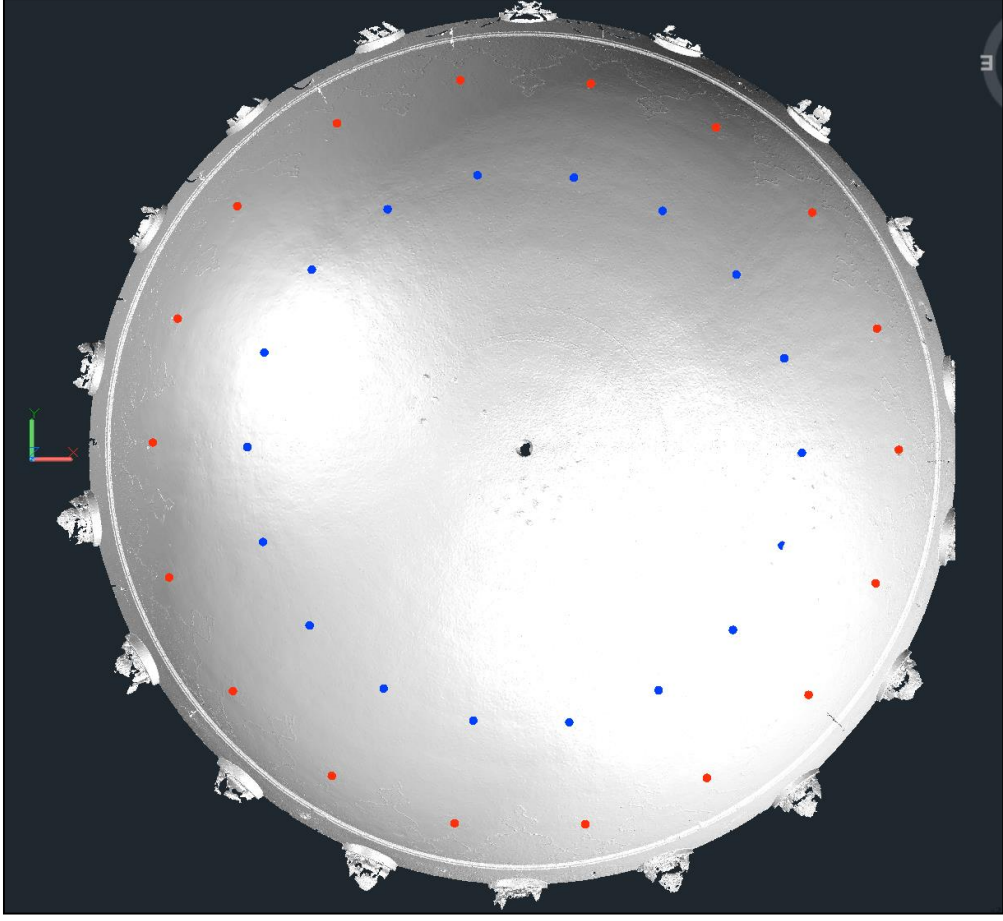


Şekil 5.10. Solda ana kubbe kalem işlerinin modellenmiş hali, sağda ise fotoğraf görüntüsü

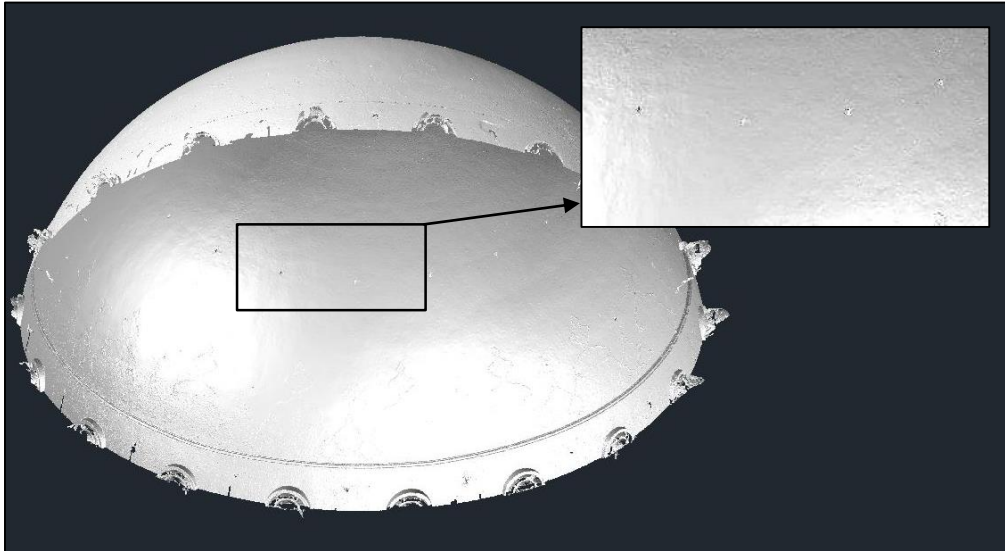
Şekil 5.11, 5.12, 5.13 ve 5.14’te görüldüğü gibi; kubbe yüzeyinde belirli bir ritimle dizilmiş, iç içe geçmiş iki sıra halinde 18 adet anomali tespit edilmiştir.



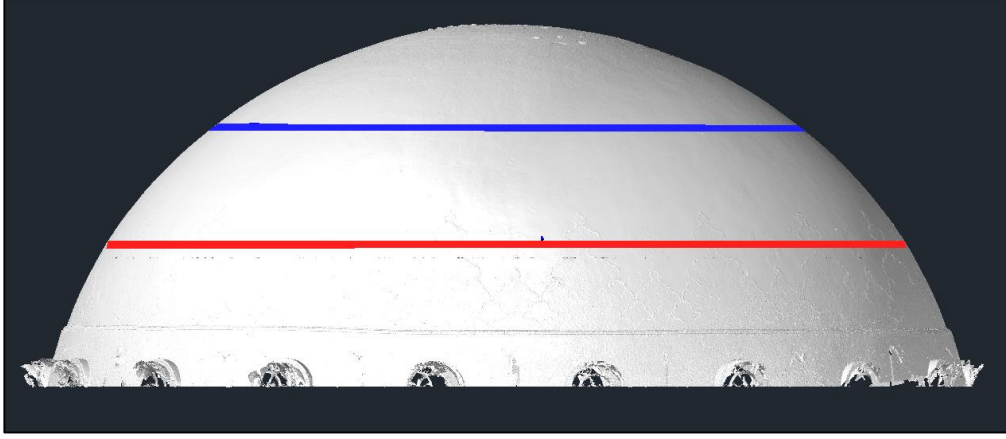
Şekil 5.11. Oluşturulan ana kubbe modelinin tel kafes görüntüsü



Şekil 5.12. Ana kubbede bulunan anomalilerin model üzerinde gösterimi



Şekil 5.13. Ana kubbedeki anomaliler



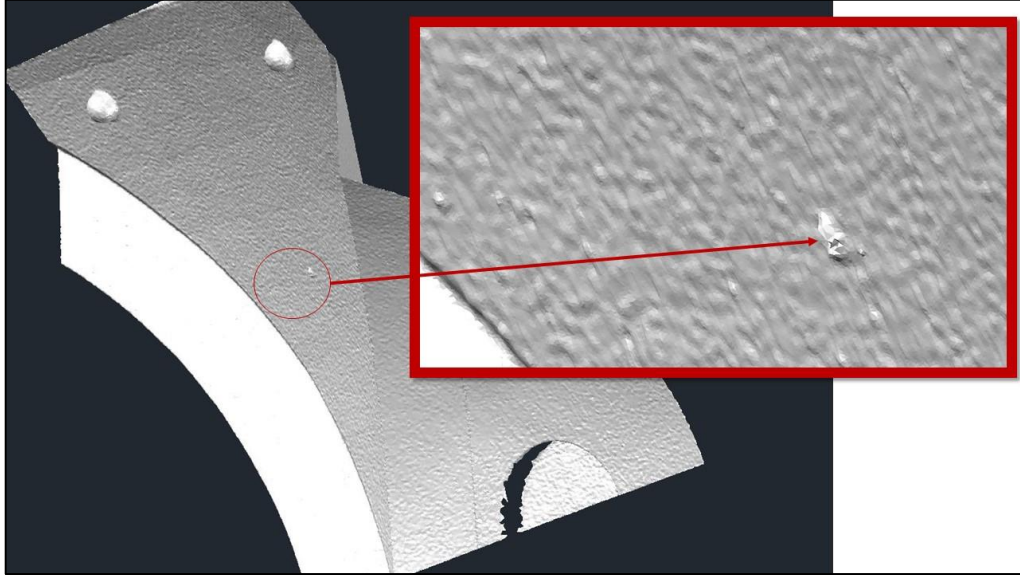
**Şekil 5.14.** Ana kubbede bulunan anomalilerin kesit üzerinde gösterimi

Ancak elde edilen veriler daha detaylı şekilde incelendiğinde, Şekil 5.15’de görüldüğü gibi ana kubbedeki bahsedilen yapıların delik değil, dışarı doğru yani mekanın içine doğru çıkıntı yapmış malzemeler olduğu fark edilmiştir.

Benzer şekilde, fotoğrafla yapılan belgelemede yapının yarım kubbeleri arasında bulunan pandantiflerinde tespit edilmiş deliklerin de mekanın içine doğru çıkıntı yapan malzemeler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.16).



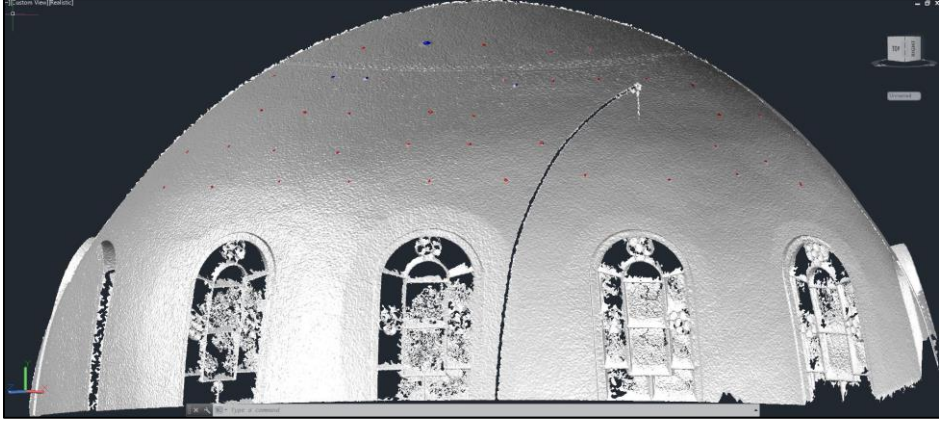
**Şekil 5.15.** Ana kubbede bulunan anomalilerin detay görüntüsü



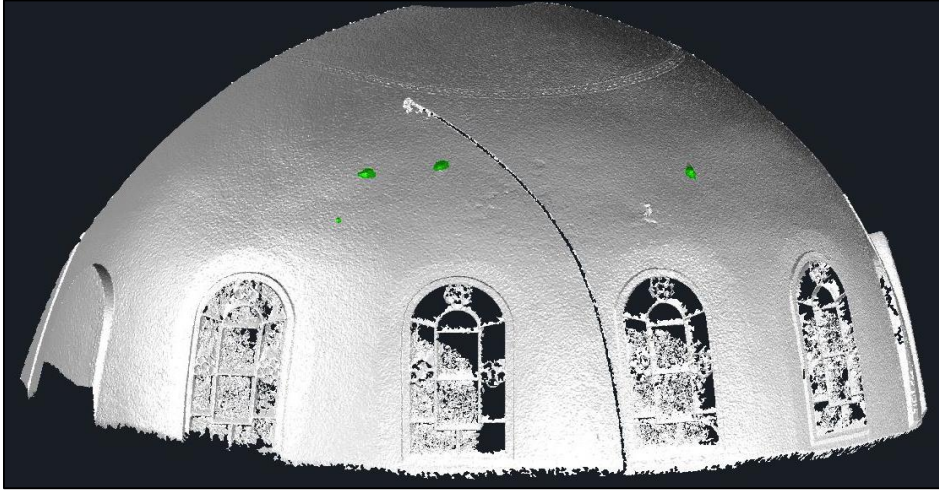
Şekil 5.16. Doğudaki yarım kubbeler arasındaki pandantifin orta bölgesinde tespit edilen anomali

Bu bulgular ışığında tespit edilen anomalilerin ne olduğunun anlaşılması amacıyla yapıya tekrar gidilerek, daha yüksek çözünürlüklü bir fotoğraf makinasıyla belgeleme yapılmasına karar verilmiştir.

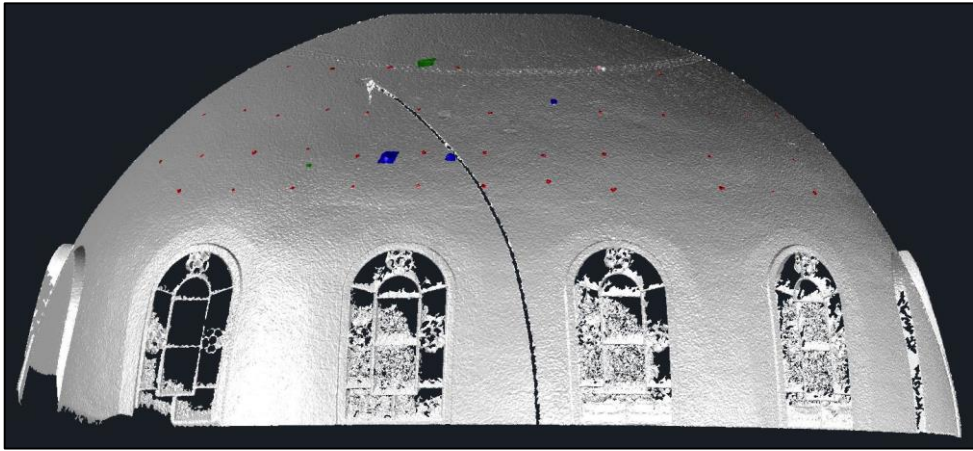
Yarım kubbelerde ise çapı 1.9 cm olan delikler tespit edilmiştir. Bu delikler takip eden şekillerde her yarım kubbe için ayrı ayrı görselleştirilmiştir. Resimlerde kırmızı işaretler delikleri, mavi işaretler bu deliklerden kaynaklanan bozulmaları, yeşil işaretler de ağız açıklığı bulunan ama delik olmayan alanları göstermektedir. Bu delikler kuzeydoğudaki yarım kubbede 42 adet (Şekil 5.17), güneydoğudaki yarım kubbede hiç (Şekil 5.18), kuzeybatıdaki yarım kubbede 45 adet (Şekil 5.19), güneybatıdaki yarım kubbede ise 40 adet olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.20). Yarım kubbelerde deliklerin dağılımı düzenli değildir.



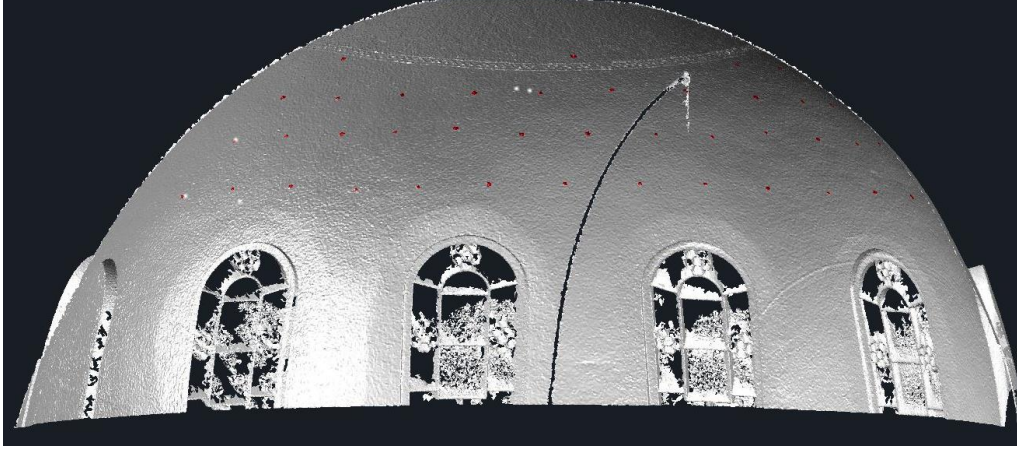
Şekil 5.17. Kuzeydoğu yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar



Şekil 5.18. Güneydoğu yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar



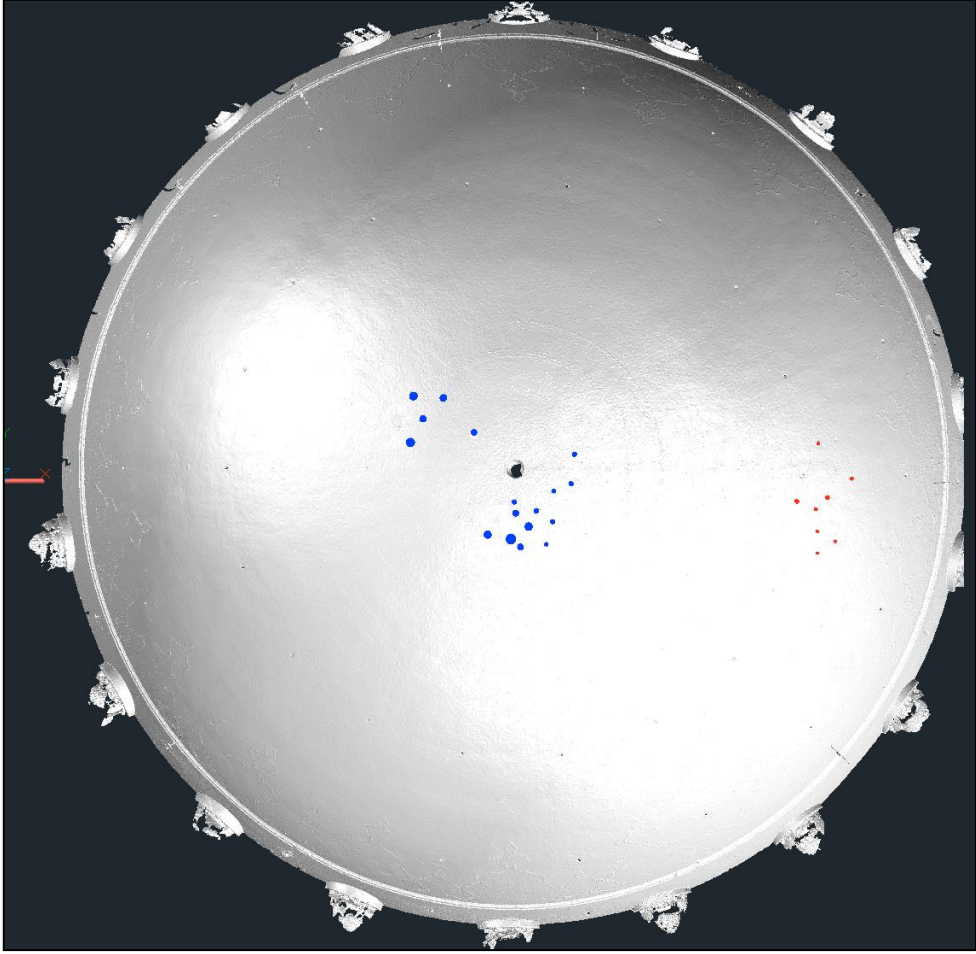
Şekil 5.19. Kuzeybatı yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar



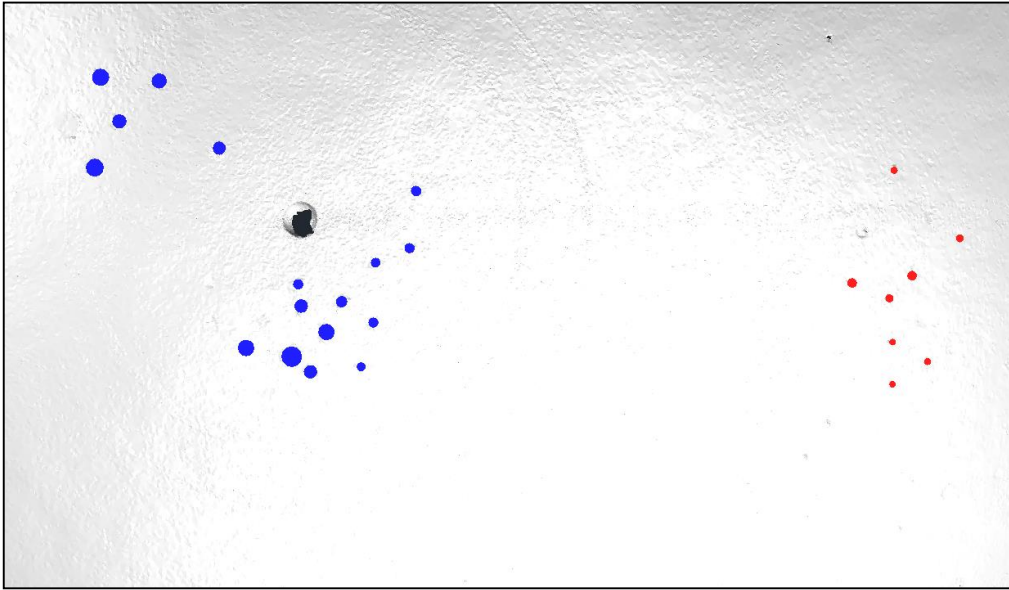
Şekil 5.20 .Güneybatı yarım kubbenin modeli ve tespit edilen delik ve bozulmalar

Yarım kubbelerde gözle görülebilen bazı deliklerin, diğer deliklerden farklı olduğu tespit edilmiştir. Deliklerin düzeni ve tespit edilen farklılıklardan Tartışma, Sonuç ve Öneriler bölümünde bahsedilecektir.

Bunun dışında ana kubbede bir takım bozulmalar olduğu belirlenmiştir. Riscan Pro yazılımı ile nokta bulutun üzerinden yapılan ölçümle, kubbe merkezi yakınlarında en büyüğünün çapı 13 cm, en küçüğününki 6 cm olan, derinlikleri 1.4 cm olan 15 adet, kubbe eteğinin batı tarafında ise en büyüğünün çapı 6 cm, en küçüğününki 3 cm olan, derinlikleri 1.4 cm olan 7 adet delik tespit edilmiştir. Mavi renkle işaretlenmiş bozulmalar kubbe merkezine yakın olanlar, kırmızılar ise kubbe eteğine yakın olanlardır (Şekil 5.21, 5.22).



Şekil 5.21. Ana kubbe merkezindeki bozulmalar



Şekil 5.22. Ana kubbe merkezindeki bozulmalardan detay

### 5.3. Fotoğraf Makinası ile Yapılan İkinci Belgeleme

Lazer tarama sonucunda elde edilen veriler ışığında ana kubbedeki, yapının içine doğru gelişmiş anomalilerin ne olduğunun tespit edilmesi için Bölüm 5.2.'de belirtildiği gibi, yüksek çözünürlüklü ve görüntüyü 16.7 kat büyütebilen fotoğraf makinası ile yapıya tekrar gidilmiştir. Her bir anomali, harim zemininden yüksekliği 3.64 m olan doğu ve batı mahfillerden fotoğraflanmıştır. Yapılan bu belgeleme ışığında ana kubbedeki bu anomalilerin iç içe geçmiş demir halkalar olduğu açık bir biçimde görülebilmektedir (Şekil 5.23, 5.24, 5.25).



Şekil 5.23. Kubbe merkezine yakın halkların fotoğraf görüntüsü



Şekil 5.24. Kubbe merkezine yakın halkanın detay görüntüsü



Şekil 5.25. Kubbe eteğine yakın halkaların fotoğraf görüntüsü

Aynı şekilde yarım kubbe aralarındaki pendentiflerdeki anomalilerin de benzer halkalar olduğu görülmüştür (Şekil 5.26).



Şekil 5.26. Doğudaki yarım kubbeler arasındaki pandantiften detay

Elde edilen veriler doğrultusunda bu halkaların kullanım amaçları hakkında fikir vermesi amacıyla diğer bazı Sinan yapılarında da, aynı yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinası ile belgeleme yapılmıştır. Bu halkaların Kılıç Ali Paşa (Şekil 5.27), Tahtakale Rüstem Paşa (Şekil 5.28) ve Süleymaniye (Şekil 5.29) Camilerinde de benzer pozisyonlarda bulunduğu görülmüştür.



Şekil 5.27. Kılıç Ali Paşa Camisi kubbesindeki halkalar ve detay görüntüsü



Şekil 5.28. Tahtakale Rüstem Paşa Camisi kubbesindeki halkalar



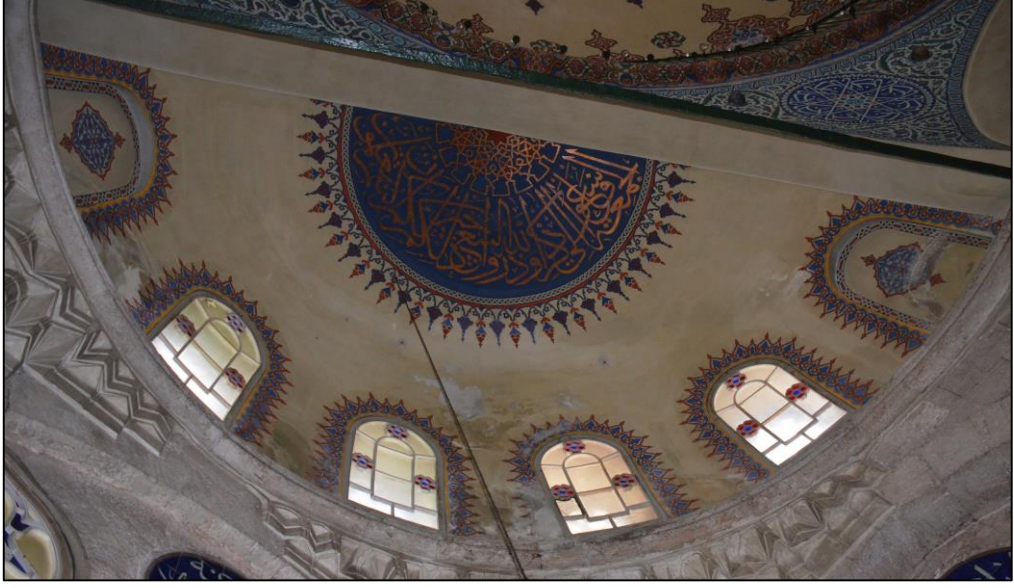
Şekil 5.29. İstanbul Süleymaniye Camisi kubbesindeki halkalardan detay görüntü

Resimlerde de algılanabildiği gibi kubbedeki bu halkalar, oldukça büyük, bazıları birden fazla, bazıları iç içe geçmiş avizelerin asılması için kullanılmaktadır. Ancak Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde merkezden asılı tek bir avize kullanıldığı için, bu anomalilerin avize halkası olabileceği düşünülmemiştir. Cami imamı ile yapılan görüşmelerde avizenin hiç değişmediği bilgisine ulaşılmış, yapılan araştırmalarda da caminin farklı bir avizeyle çekilmiş hiçbir fotoğrafına ulaşılamamıştır.

Bu aşamada Sokollu Mehmet Paşa Camisi'ndeki yarım kubbelere de fotoğraf makinası ile tekrar belgelenmiştir. Kullanılan ekipman sayesinde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 5.30, 5.31, 5.32, 5.33).



Şekil 5.30. Kuzeydoğu yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü



Şekil 5.31. Güneydoğu yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü



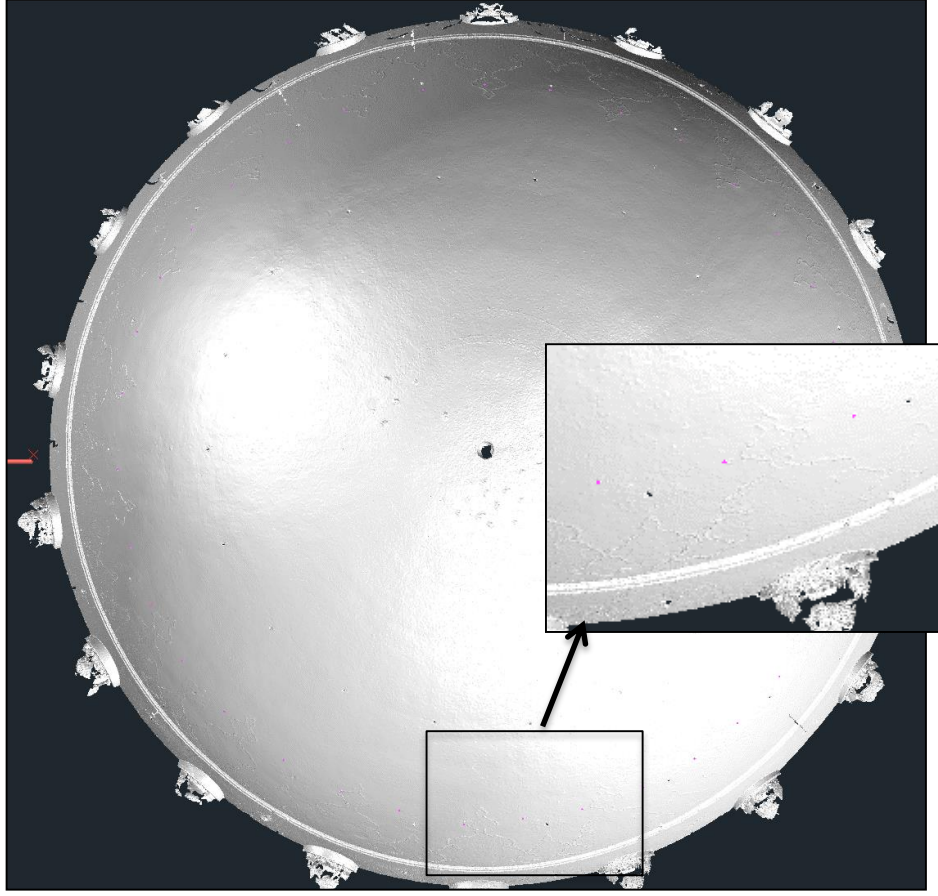
Şekil 5.32. Kuzeybatı yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü



Şekil 5.33. Güneybatı yarım kubbenin fotoğrafla yapılan ikinci belgelemede elde edilen görüntüsü

#### 5.4. Lazer Tarama Verilerinin Yeniden Analiz Edilmesi

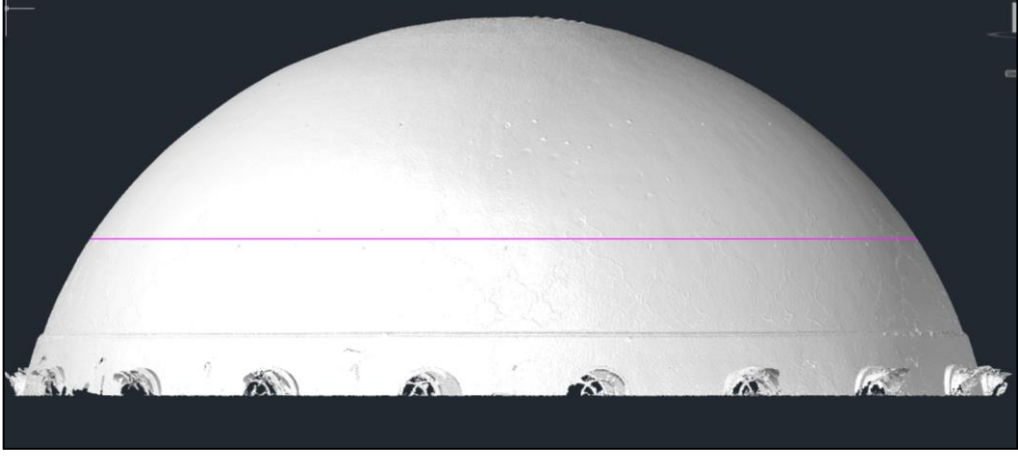
Yapılan belgelemelerde elde edilen bulgular sonucunda lazer tarama ile oluşturulmuş nokta bulutları ve katı modelin yeniden analiz edilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan bu analizde ana kubbede, kubbe eteğine yakın tek hatta, yarım kubbelerdeki deliklere benzeyen, çapı 1.8 cm olan 36 adet delik bulunmuştur (Şekil 5.34, 5.35, 5.36). Son bulgularla birlikte Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi kubbelerinde toplamda 163 adet delik tespit edilmiştir.



Şekil 5.34. Model üzerinde ana kubbedeki deliklerin yerleri



Şekil 5.35. Ana kubbedeki deliklerin model üzerindeki detay görüntüsü



Şekil 5.36. Ana kubbedeki deliklerin bulunduğu aksın kesit üzerinde gösterilmesi

## 6. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

### 6.1. Bulguların Hacim Akustiği Açısından Değerlendirilmesi

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde, ileri teknolojiler kullanılarak yapılan belgeleme sonucunda, ana kubbe ve yan kubbelerde, ağızları yaklaşık 2 cm olan, toplamda 163 tane açık delik bulunmuştur. Ana kubbede belirli bir ritimde olan 36 tane delik varken, yan kubbelerde kısmen dağınık bir dizilim söz konusudur. Ancak güneydoğu yarım kubbede hiç delik olmaması diğer deliklerin kapatılmış olabileceğini düşündürmektedir. Öte yandan güneybatı yarım kubbede de kuzey kubbelerine nazaran daha az delik tespit edilmiştir.

Bu delikleri mimari akustik açısından değerlendirecek, Bölüm 3.5.'te değinildiği gibi üç farklı kullanım amaçları olabileceğini düşünebiliriz. İlk olarak Vitruvius'un ortaya koyduğu, ses kaplarının sesi kuvvetlendireceği iddiasına dayalı olarak, mekan içinde yaratılmış ilk ses enerjisinin artırılması olabilir. Bu iddiayı değerlendirebilmek için öncelikle bu deliklerin Şekil 3.13'deki gibi kaplar olduğunu varsaymamız gerekecektir. Çünkü lazer tarayıcı ile yapılan belgeleme sonucunda bu kapların şekillerini ortaya koyacak bir veri elde etmek mümkün değildir. Şekil 3.13'deki kesite benzer kapların ağız açıklıkları, kabın diğer bölümlerinden dardır. Dolayısıyla tek bir noktadan dikey olarak gönderilen ışınların kabın içinde her noktaya ulaşması mümkün değildir. Bölüm 3.5.'te bahsedildiği gibi bugüne kadar yapılmış araştırmalar ışığında bir akustik rezonatörün sesi yükselterek dışarı vermesi söz konusu değildir. Öncelikle enerjinin arttırılamayacağını, burada bahsedilen değişimin de ancak sesin yapısında olabileceğini kabul etmeliyiz. Rezonatörün içine giren ses enerjisi, kabın iç yüzeyinde yaşadığı yansıma sonucunda, akustik titreşimi yükseltebilmektedir ve bahsedildiği gibi bu artış da sadece kabın içini etkilemektedir.

Bu deliklerin kullanımındaki muhtemel ikinci amaç ise, mekan içindeki çınlama miktarını istenilen seviyede tutmak için, ses enerjisinin sönümlenmek istenmesi olabilir. Bu iddia için de bu deliklerin yine Şekil 3.13'deki gibi, kubbe içine doğru yerleştirilmiş kaplar olduğu varsayımı ile hareket etmemiz

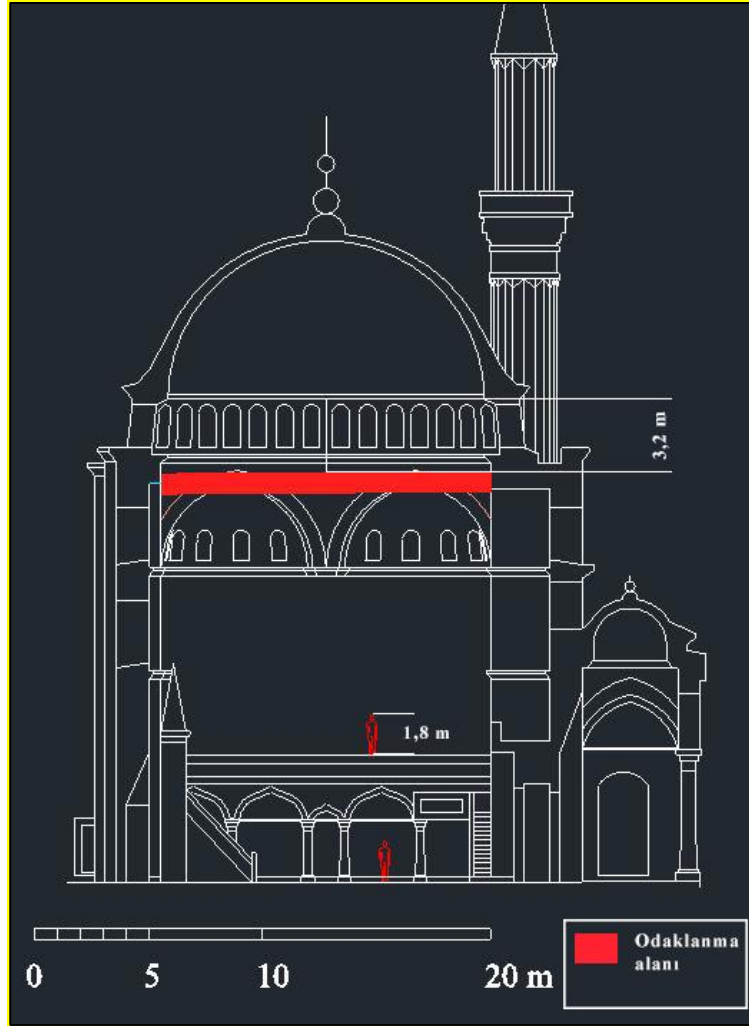
gerekecektir. Ancak ölçüleme sonucunda elde edilen verilere bakarsak; kapların ağız açıklıklarının yeterli genişlikte olmadığını görmekteyiz. Bugüne kadar yapılan araştırmalar ışığında değerlendirme yaparsak ses kaynağından yaklaşık 22 metre yukarıya yerleştirilmiş, ağız genişliği yine ortalama 2 cm olan bir delikten içeriye çok az miktarda bir ses enerjisi girebileceği düşünülebilir. Dolayısıyla kapların bu amaçla kullanılmış olması da akla yatkın değildir.

Bu noktada çalışmanın başındaki konumumuza dönmekte fayda vardır. Bahsedildiği gibi bugüne kadar yapılmış yayınlar doğrultusunda, Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde ileri teknolojiler kullanarak belgeleme yapmadan önce yapıda fotoğraf makinası ile belgeleme yapılmıştır. Bu belgelemede ana kubbedeki muhtemel rezonatör ağızlarının, sonradan avize halkaları olduğu anlaşılan anomaliler olduğu düşünülmüştür. Keza Mutbul Kayılı da rezonatör olarak bunları işaret etmektedir. Bu düşünce iki temel sebebe dayanmaktadır. Bunlardan ilki yapıda çoklu noktalardan asılmış bir avizenin varlığı bilinmemesidir. Dolayısıyla bu karaltıların avize halkası olabileceği düşünülememiştir. İkinci düşünce ise rezonatörler hakkındaki bilgilerin yanı sıra, Sinan'ın diğer camilerinde ya da Sultan Ahmet Camisi'nde bulunan rezonatör ağızlarının 5-12 cm arasında olduğunun bilinmesidir. Dolayısıyla bu camide de rezonatör ağızlarının daha büyük olması beklenmiştir.

Kubbedeki bu halkaların delik olduğu varsayılsa bile bu deliklerin yeterli ses enerjisi yutamayacağını kabul etmemiz gerekir. Çünkü bu halkaların kapladığı alan da ortalama 3-4 cm'dir.

Bölüm 3.4'te bahsedildiği üzere kubbe gibi iç bükey elemanlar mekan içinde odaklanma alanları yaratabilmektedir. Bu deliklerin iç bükey yüzeylerde anomali yaratarak ses ışınlarının yansıma açılarını değiştirme amacıyla kullanıldığı da düşünülebilir. Bu ihtimali ele almak için öncelikle mekan içindeki odaklanma alanını kabaca tespit edebiliriz. Bahsedildiği gibi odaklanma alanı ses kaynağının kubbeden uzaklığı ve kubbe yarıçapı ile orantılıdır. Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde ses kaynağının kubbeden uzaklığı, kaynağın mihrap önü ya da müezzin balkonu olduğu düşünüldüğünde ortalama olarak yaklaşık 22 m'dir. Kubbe yarıçapı ise lazer tarama sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda 11,2m olarak ölçülmüştür. Odaklanma alanını hesaplamak için verilen formülü uygularsak; camideki odaklanma alanı kubbenin 3,2 m altında

oluşmaktadır (Şekil 6.1). Harim zeminindeki bir dinleyici ayakta dursa bile işitme seviyesi 2 m'den daha yüksekte olamaz. Yani başka bir deyişle, odaklanma alanı ayakta duran bir insanın bile yaklaşık 17 m yukarısında oluşmaktadır. Hatta tüm mahfillerin kullanıldığını bile düşünelim, odaklanma alanı mahfil kısmında ayakta duran bir insanın bile yaklaşık 10 m üzerinde oluşmaktadır. Dolayısıyla bu boyutlardaki bir mekanda odaklanma alanının, mekanda akustiğe yönelik bir sorun yaratmayacağı ortadadır. Ayrıca bahsedildiği gibi özellikle ana kubbede bu deliklerden daha fazla yer kaplayan 36 adet halka bulunmaktadır. Bu halkalar kubbe yüzeyinde yeterli anomaliyi zaten oluşturmaktadır.



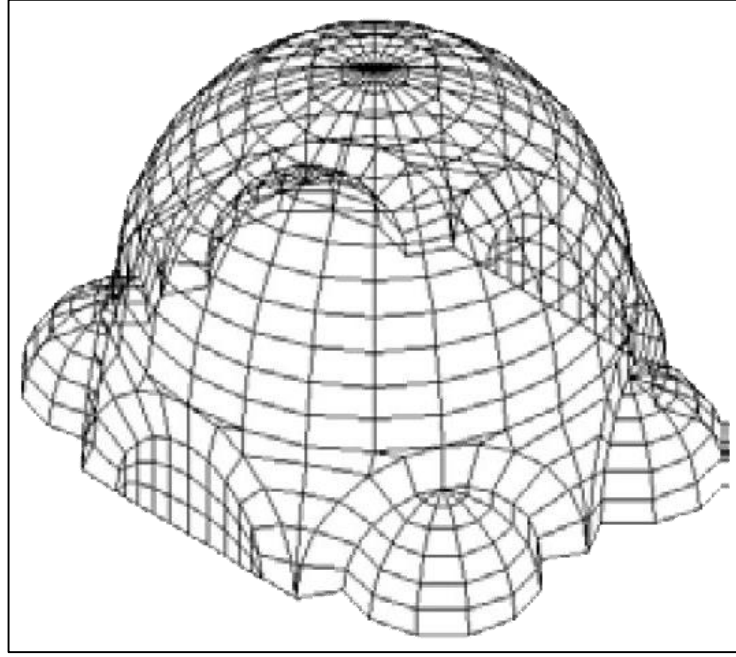
Şekil 6.1. Hesaplanmış odaklanma alanı

Bu veriler ışığında Kadırğa Sokollu Mehmet Paşa Camisi üst örtüsünde, ileri teknolojiler yardımıyla, mimari akustiği düzenleme amacı taşıyan bir yapılanma tespit edilemediği söylenebilir.

Bu delikler ya da kaplar eğer akustiği düzenlemeye yönelik kullanılmadıysa akla gelen bir diğer kullanım alanı yapı statığıdır. Çalışma ekibinin uzmanlık alanı olmasa da burada çalışma esnasında yapılan araştırmalardan kısaca bahsetmek faydalı olacaktır.

Yapının ana kubbesi kagirdir ve kagir kubbe yükün en tepedeki kilit taşından kubbe eteğine kadar, taştan taşa iletilmesi ile çalışır. Doğru inşa edilmiş bir kubbenin ağırlığı dikey kuvvetleri karşılaması açısından olumlu sonuç doğurmaktadır (Bilgin 2006). Ancak deprem gibi yanal kuvvetler, farklı sorunlar yaratmaktadır. Çalışma süresince görüşüne başvurulmuş inşaat mühendisleri, Sinan yapılarında tespit edilen kapların kubbe ağırlığını azaltmak için değil, yanal kuvvetlerin yatay olarak aktarımını engellemek için yaratılan boşluklar olabileceğini düşünmüşlerdir. Ancak kapların şekilleri ele alındığında kapların boyunlu olduğu görülmüş, bu boyun kısımlarının da kaplarda zayıf noktalar oluşturabileceği fikrine dayalı olarak ilk görüşlerinin aksine bu biçime sahip kapların yanal kuvvetlerin karşılanmasına yönelik olarak kullanılmış olamayacağını savunmuşlardır.

Kadırğa Sokollu Mehmet Paşa Camisi örtü sisteminde yapılan sonlu eleman analizleri sonucunda, caminin yarım kubbelerinin ana kubbeyi desteklemek için değil, mekanı genişletmek için kullanıldığı ve yapının üst örtüsünde statik açıdan hiçbir sorunu bulunmadığı ortaya konulmuştur (Bilgin 2006) (Şekil 6.2). Çalışmada ve modelde kubbelerdeki deliklerden hiç bahsedilmemiştir. Bu açıdan bakıldığında bu delikler (ya da kaplar) yok sayıldığında da kubbenin statik olarak oldukça iyi durumda olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlara bakıldığında bu deliklerin ya da kapların üst örtü statığı ile ilgili olmadığını da söylemek mümkündür.



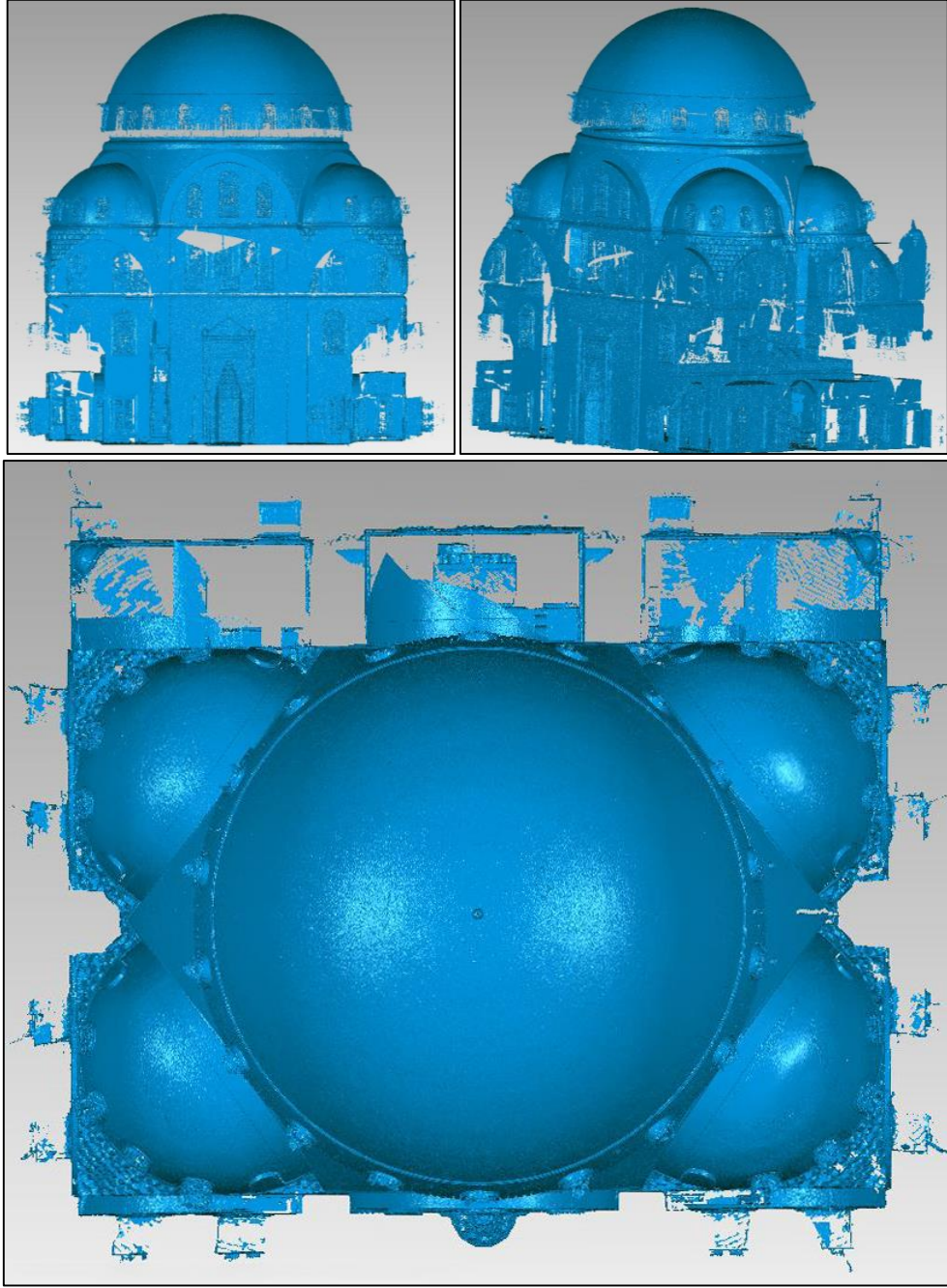
Şekil 6.2. Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi örtü sistemi sonlu eleman modeli (Bilgin 2006)

Bahsedildiği gibi İstanbul Süleymaniye Camisi'nde 2007-2010 yılları arasında yapılan restorasyon çalışmasında ana kubbedeki kaplara ulaşılmıştır. Ancak bu kapların kubbede bir takım sorunlar yarattığı görülmüştür. Kubbede bulunan rezonatörlerin çevresinde zamanla nemlenme yüzünden çeşitli bozulmalar oluşmuş, bu bozulmalar kubbe boyunca ilerleyen çatlaklara neden olmuştur. Süleymaniye Camisi restorasyonunda bu çatlaklar onarılmıştır. Yapılan belgeleme çalışmasında Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde de ana kubbe dahil olmak üzere bütün kubbelerde, tespit edilen bazı delikler çevresinde bozulmalar görülmüştür.

## 6.2. Bulguların İleri Teknoloji Belgeleme Teknikleri Açısından Değerlendirilmesi

Yapılan belgeleme çalışmaları sonucunda kültür varlıklarının belgelenmesinde ileri teknoloji kullanımı ile ilgili de önemli sonuçlar elde edilmiştir. Öncelikle Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi, Sinan'ın çok büyük olmayan camilerinden birisi olsa da oldukça geniş bir kapalı mekandır ve bu büyüklükte bir yapıdan, yapıya hiç temas etmeden, hasarsız veri toplamak oldukça

önemlidir. Ayrıca bu yapının hala aktif şekilde çalışan ve tercih edilen bir ibadethane olduğu gerçeğini göz önünde bulundurursak, yapının işlevini yerine getirmesini engellemek, çalışanları ve cemaati rahatsız etmeden veri toplayabilmek de ayrı bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada üst örtü odaklı bir belgeleme yapılmıştır. Dolayısıyla bütün yapının lazer tarayıcıyla belgelenmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Ancak yine de yapının genel hatlarını idrak edebilmek için genel amaçlı tarama da yapılmıştır. Şekil 4.20 ve 4.21’de görüldüğü gibi 13 ve 14. tarama pozisyonlarında yapılan taramalar (ScanPos 12, 13) yapı genelinden veri alma amacıyla gerçekleştirilmiştir. Belgeleme işlemi yaklaşık 7,5 saat sürmüştür. Elde etmek istenilen bulgular çok küçük olduğu için oldukça hassas tarama yapılmıştır. Bu da tarama sürelerini uzatmıştır. Elde edilen verilerle yapının büyük bir kısmı bire bir ölçülerde dijital ortama aktarılmış, yapının kesiti, zemin ve kat planları, üst örtü ve süsleme bilgileri dahil pek çok veri bu 7,5 saatlik çalışma sonrasında, yüksek hassasiyetlerde elde edilebilir hale gelmiştir (Şekil 6.3). Konvansiyonel yöntemlerle bu bilgilerden sadece birinin bile, örneğin yapının planının çıkarılmasının bile çok daha uzun süreceği ortadadır.



Şekil 6.3 Bütün nokta bulutlarının Geomagic yazılımında birleştirilmiş hali.

Çalışma kapsamında ölçüleme yapılacak olan alan, tarihi eser vasfının yanı sıra, günümüzde halen aktif şekilde kullanılmakta olan bir ibadethanedir. Bu tür alanlarda yapılan çalışmalarda yapıların işlevlerini yerine getiremeyecek duruma sokulmaması önemlidir. Çalışmada üst örtü belgelemesi yapılmıştır ve yapılan belgelemenin niteliği, konvansiyonel yöntemler kullanıldığında kubbeye fiilen müdahale edilmesini gerektirmektedir. Yani yerden yüksekliği 22,8 m olan

camide iskele kurmadan kubbeye ulaşmak mümkün değildir. İskelenin kurulma süresi, çalışma süresi ve iskelenin sökülme süresi göz önünde bulundurulduğunda caminin uzun bir süre işlevini yerine getiremeyeceğini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Yersel lazer tarayıcıların bu tür bir belgeleme çalışmasında kullanılması bütün bu sorunları ortadan kaldırmıştır.

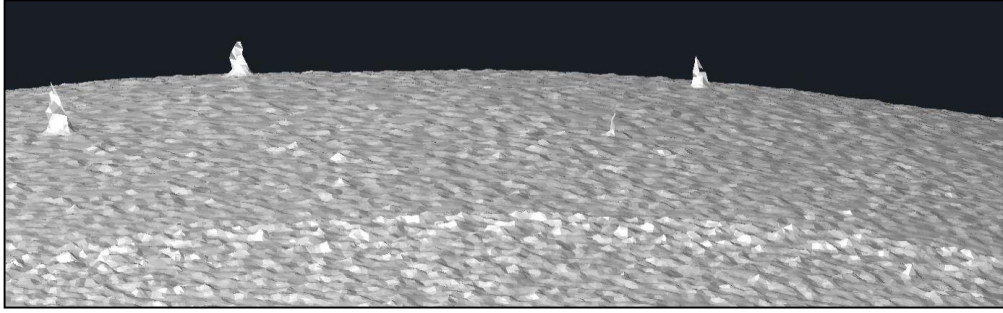
Kullanılan belgeleme tekniği sayesinde ana kubbedeki bozulmaların niteliği çözülebilmiştir. Ana kubbenin merkezine yakın noktalarda bulunan bozulmalar, cami çalışanlarından alınan bilgilere göre kubbe kurşunlarının değişimi esnasında oluşmuştur ve bunların kubbe statığına zarar verecek bozulmalar olduğu düşünülebilir. Ancak tarama sonuçları göstermektedir ki bu bozulmalar kubbe içine uzanan delikler değildir. Bu bozulmaların kagir olan kubbenin taşları arasındaki kurşunlara denk gelen bölgelerdeki sıva dökülmeleri olduğu düşünülmektedir. Bu durum lazer tarama sonuçlarının değerlendirilmesinin ardından fotoğrafla yapılan ikinci belgelemenin sonuçlarında da gözlemlenebilmiştir (Şekil 6.4, 6.5, 6.6).



Şekil 6.4. Ana kubbenin merkezinde oluşmuş bozulmalar



Şekil 6.5. Ana kubbedeki bozulmaların, model üzerinde kubbe kabuğu arkasından görünümü

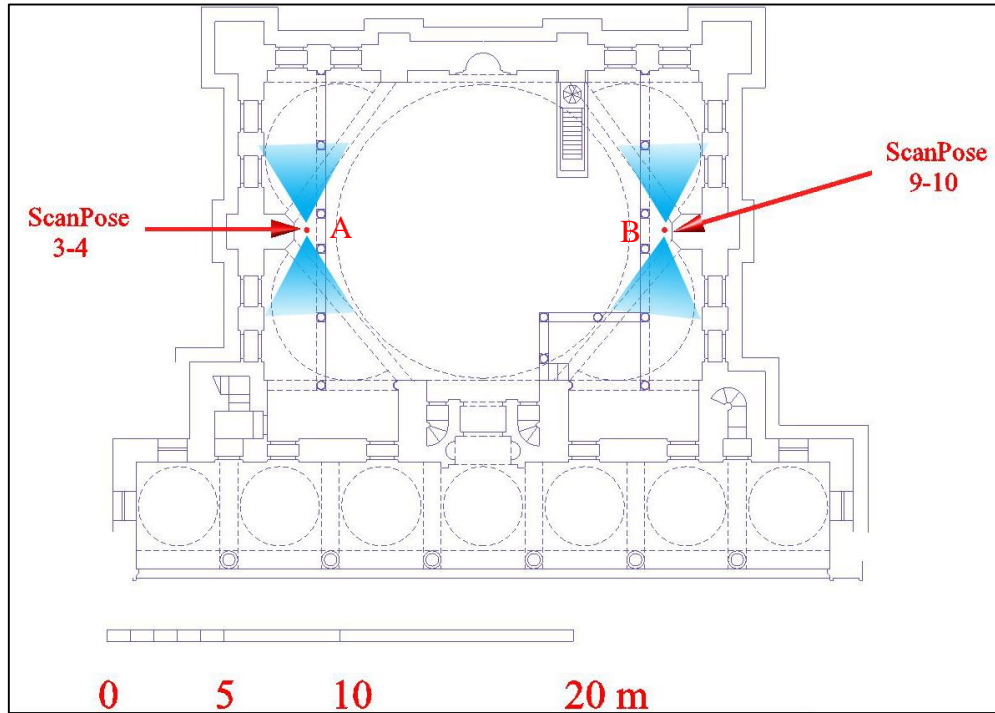


Şekil 6.6. Kubbedeki deliklerin içine giren ışınların modelde gösterilmesi

Yarım kubbelerden elde edilen veriler ise ileri teknoloji belgeleme tekniklerinin sağladığı avantajları çok daha net bir biçimde ortaya koymaktadır. Fotoğraf makinası ile elde edilmiş görüntüler üzerinden yarım kubbelerdeki delikleri saydığımızda daha az sayıda delik tespit edilmiştir. Bunun sebebi de kubbelerdeki süslemelerin bazı noktalarda delikleri saklamasıdır. Bunu engellemek için fotoğraf makinasının enstantane ve diyafram değerlerini değiştirerek defalarca fotoğraf çekilmesi gerekecektir. Çünkü saklanmış delik için doğru ışık ayarı, diğer deliklerin görülmesini zorlaştırabilir. Ayrıca birden fazla fotoğraf üzerinde çalışılması gerekecektir. Bu da zaman ve işgücünün artması demektir.

Bahsedildiği gibi Kadirga Sokollu Mehmet Paşa Camisi 6 destekli, merkezi kubbeli bir yapıdır, kubbeden kare mekana geçiş pandantiflerle sağlanmıştır ve mekan, bu pandantiflerin arasındaki 4 yarım kubbeyle genişletilmiştir. Cami planının yapısı ve destek tipi, bu yarım kubbelerin beden duvarları ekseninde

değil, köşegenlerin ekseninde yer almasını sağlamıştır. Bu durum tarama sonuçlarını etkileyecek niteliktedir. Tarayıcıyla üst örtüden, en uzak 20, en yakın 10 metreden veri toplanmıştır. Tarama yapılan hassasiyetlerde, 10 metrede yapılan taramalarda 3,2 milimetrede, 20 metrede yapılan taramalarda da 6,4 milimetrede bir nokta ölçülmüştür. Bu sayede ağızları neredeyse 2 cm olan deliklerden içeriye ışın girebilmiş ve bunların delik olduğunu anlamamızı sağlamıştır. Veri almak istenen yüzeylerin iç bükey yapıda olması, lazer tarayıcının da tek noktadan doğrusal olarak ve dar açı aralıklarıyla veri alabiliyor olması, elde edilen verilerin analizinde önemle göz önünde bulundurulması gereken noktalarlardır. Dolayısıyla bahsedildiği gibi 2 cm kadar dar ağız açıklıkları olan deliklere ışın girmemesi, her koşulda bunların delik olmadığı anlamına gelmeyebilir. Bu durum da lazer tarama esnasında, kubbenin iç bükey yapısının yanı sıra, tarayıcının pozisyonuna bağlı olarak, elde edilen sonuçlarda çok daha fazla olası kör nokta oluşmasını sağlayabilir (Şekil 6.7). Elde edilen veriler analiz edilirken bu koşullar göz önünde bulundurulmuştur.

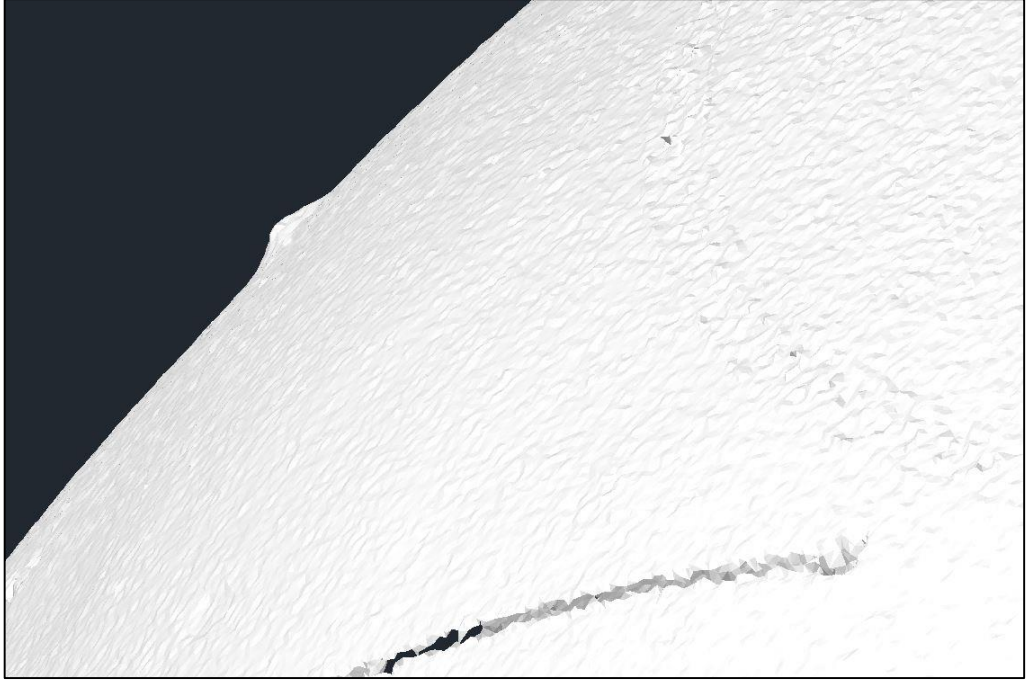


Şekil 6.7. Mahfillerden yapılan tarama açıları

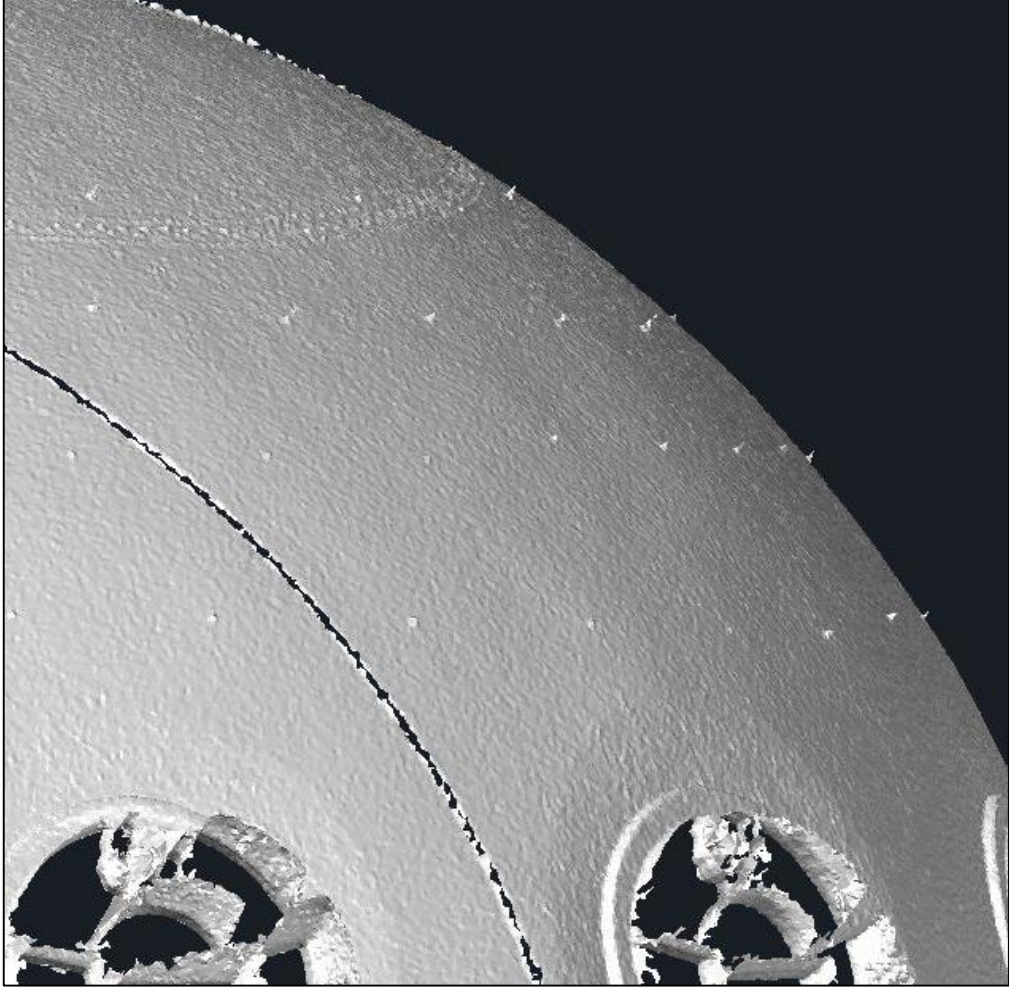
Yarım kubbeler doğu ve batı mahfillerden taranmıştır. Şekil 6.7’de görüldüğü gibi doğu yönündeki kubbeler şekildeki A noktasından, batı yönündeki

kubbeler ise B noktasından, tarayıcının dikey pozisyonu 45 derecedeyken taranmıştır.

Tarama sonuçları üzerinden yapılan analizlere göre dört kubbede de farklı sayılarda delikler olduğu görülmüştür. Ayrıca var olan delikler de çoğu zaman belirli bir ritim takip etmemektedir. Güneydoğu yarım kubbede dışında tüm kubbelerde, kubbelerin sol başlarında delikler simetrik ve ritmik 3 hat halinde başlamakta ancak ortalara doğru rastgele bir hal almaktadır. Bu üç yarım kubbedeki deliklerin sayısı eşit olmasa da birbirlerine yakındır. Ancak güneydoğudaki yarım kubbede sadece 4 adet delik tespit edilebilmiştir. Bu delikler daha yakından incelendiğinde diğer kubbelerdeki örneklerden farklı olarak içlerine ışın alamadıkları görülmüştür (Şekil 6.8). Tarayıcının konumu açısından diğer kubbelerle kıyaslandığında, deliklerin bulunduğu konumlar diğer kubbelerde en fazla ışın alan konumlardır. Bu nedenle bunların delik değil bozulma olduğu düşünülebilir (Şekil 6.9).

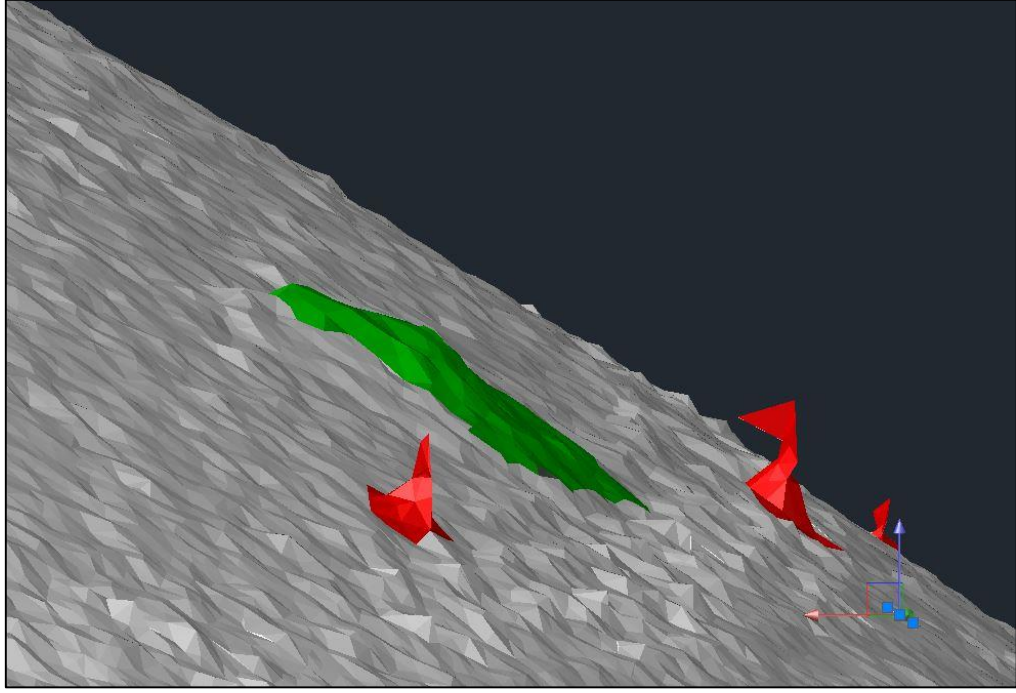


Şekil 6.8. Güneydoğu yarım kubbedeki bozulmanın, kubbe kabuğunun arkasından görüntüsü



Şekil 6.9. Güneybatı yarım kubbedeki deliklerin, kubbe kabuğu arkasından görünümü

Ayrıca aynı şekilde kuzeybatı yarım kubbede de delik olmadığı düşünülen iki adet bozulma tespit edilmiştir. Bu durumda ise ışın girmeyen deliklerin yakınındaki tüm deliklere ışın girip bu iki deliğe girmemesi de bunların delik olmadığı düşüncesini desteklemektedir (Şekil 6.10).



**Şekil 6.10.** Kuzeybatı yarım kubbenin kubbe kabuğu arkasından görüntüsünde bozulma ve çevresindeki üç delik

Bu noktada lazer tarayıcı ile belgelemenin fotoğraf teknikleri ile karşılaştırıldığında zaman ve hassasiyet açısından üstünlük sağladığını söylemek yanlış olmayacaktır. Fotoğraf makinası ile ağız açıklığı 2 cm'den az olan deliklerin bir derinliği olup olmadığını anlamak mümkün değildir. Fotoğraf merkezsel bir izdüşümdür. Bu da demektir ki bir fotoğrafın sadece merkezindeki tek bir piksel doğrudur, pikseller merkezden uzaklaştıkça bozulur. Ancak tek ve çift resim değerlendirmesi gibi fotogrametrik tekniklerle, fotoğraflar düzeltilebilir (Yaşayan ve ark. 2011).

Fotoğraflar üzerinde yapılacak ölçümler, lazer tarayıcı ile elde edilen verilerden daha az hassasiyete sahip olacaktır. Ayrıca tek ya da çift fotoğraf değerlendirmesi yöntemleri gibi fotogrametrik belgeleme teknikleri, cami gibi karmaşık geometrik şekillerin yoğun olduğu yapılarda yersel lazer tarama kadar hassas değildir ve bu uygulamaların sonuç verileri ancak yetkin kişiler tarafından işlenebilir (Turan 2004).

Örnek olarak 2002 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Fatih Camisi'nde yaptığı belgeleme çalışmasında kullandığı çift resim değerlendirme yöntemi gösterilebilir. Bu çalışmada caminin modellenebilmesi için yarı metrik kamera ve

iki farklı objektif kullanılarak 350 adet fotoğraf çekilmiş, bu fotoğraflar 1500 civarında doğal ya da işaretli kontrol noktası ve 53 adet poligon noktası yardımıyla işlenmiştir (Yastıklı 2005). Eğer bu çalışmada çift resim değerlendirmesi yöntemini uygulansaydı, üst örtüde belgelenmek istenilen alanlara kontrol noktaları yerleştirmek gerekecekti. Yani kubbeye temas etmeden bu tür bir belgeleme yapmak mümkün değildir.

Lazer tarayıcının elde ettiği verilerin en önemli özelliği ise konumsal olmasıdır. Bu sayede elde edilen veriler daha fazla değer kazanmaktadır. Taramalar farklı istasyonlardan da yapılırsa, elde edilen sonuç ürünlerinin her bir noktasının, Dünya üzerindeki konumunu kesin olarak bilmemizin kültür varlıklarının belgelenmesi açısından oldukça büyük kolaylıklar sağlayan önemli bir unsur olduğunu düşünmek yanlış olmayacaktır.

### 6.3. Sonuç

Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde yapılan belgeleme çalışmasında, yapının akustik özelliklerine doğrudan etki eden üst örtünün, ileri teknolojiler kullanılarak belgelenmesi amaçlanmıştır. Cami ile ilgili bugüne kadar yapılmış yayınlarda, üst örtüde, iç bükey yapılarda, akustiği düzenlemek için kullanılmış kaplar bulunduğu bahsedilmiştir. Ancak yapılan literatür taramasında bu kapların yerleri, sayısı ve fiziki özellikleri ile ilgili hiçbir ölçümleme yapılmadığı görülmüştür. Yapılacak belgeleme çalışmasıyla, bu kapların konumları ve boyutları ile ilgili veri elde edilmesi amaçlanmıştır. Bunun dışında elde edilen veriler ışığında bu kapların hacim akustiğine ne derece etki edebileceğinin tartışılması asıl amaçlar arasındadır.

Bu çalışma esnasında Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü bünyesinde bulunan Riegl LMS Z-390i lazer tarayıcı kullanılarak, yersel lazer tarayıcıların, ölçümlemede yüksek hassasiyet ve doğruluk oranına ihtiyaç duyan, mimari belgelemede kullanımı üzerine bir örnek oluşturulmuştur.

Alanda yapılacak ölçümleme öncesinde camide çok sayıda fotoğraf çekilmiş ve çalışma planı belirlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan lazer tarayıcı daha önce klasik dönem Osmanlı camisi gibi karmaşık geometrik özellikler gösteren bir mimari yapıda kullanılmamıştır. Bu nedenle yapılan fotoğraflama doğrultusunda caminin ve belgelenmek istenen deliklerin ölçüleri göz önünde bulundurularak, oluşabilecek sorunların öngörülebilmesi amacıyla Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitü binasında bir ön çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, lazer tarayıcınının 30 metre uzaklıktan bile 2 cm açıklıktan lazer ışını geçirebildiği tespit edilmiştir.

Yapılan alan çalışması sonucunda, yayınlarda ana kubbedeki rezonatör açıklıkları olarak işaret edilen deliklerin, aslında avize asmak için kullanılan halkalar olduğu anlaşılmıştır. Bu halkalar yüksek yakınlaştırma özelliğine sahip fotoğraf makinası ile de detaylı olarak belgelenmiştir.

Yarım kubbelerde ise çapı 1.9 cm olan delikler tespit edilmiştir. Bu delikler düzensiz bir şekilde; kuzeybatıdaki yarım kubbede 42 adet, kuzeydoğudaki yarım kubbede 45 adet, güneydoğudaki yarım kubbede ise 40 adet olarak tespit edilmiştir. Güneybatı yarım kubbede ise hiç delik tespit edilememiştir. Bu

durumda ilk düşünölen bu kubbedeki deliklerin sıvanmış olabileceği ihtimalidir. Ancak diğer üç kubbede ve ana kubbede böyle bir uygulama yokken sadece bu kubbedeki deliklerin kapatılmasına bir anlam verilememiştir.

Fotoğrafla yapılan ikinci belgelemenin ardından, elde edilen lazer tarama sonuçları yeniden analiz edilmiştir. İkinci analizin sonucunda ana kubbede, kubbe eteğine yakın 36 adet delik bulunmuştur. Bu delikler yarım kubbedekilerle boyut olarak benzerlik göstermektedir.

Yapılan çalışma sonucunda ve elde edilen bulgular ışığında bu deliklerin arkasında rezonatör olarak düzenlenmiş kaplar olsa bile, ağızlarının, içlerine yeterli derecede ses enerjisi alamayacak kadar küçük olduğu ve bu deliklerin mekanın akustik özelliklerini etkileyemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Ayrıca yarım kubbelerde, çoğunluğu deliklerin çevresinde gelişmiş olan bozulmalar dikkat çekmektedir. İstanbul Süleymaniye Camisi ana kubbesindeki bozulmalar örnek alınırca, deliklerin bu camide de benzer sorunlara yol açtığı kanısına ulaşılabılır. Bu noktada üst örtünün statik açısından yeniden değerlendirildikten sonra bir onarıma gidilmesi gerekebilir.

Çalışma sonucunda açıkça görölmüştür ki bir ileri teknoloji uygulaması olan lazer tarayıcılar, karmaşık geometrik özelliklere sahip bir yapıda dahi oldukça etkili bir belgeleme yöntemidir. Yaptığımız çalışma sonucunda hiçbir ek ekipman kullanmadan, caminin işlevini sürdürmesini, çalışanları ve cemaati engellemeden, harim zemininden 22,8 m yükseklikteki üst örtü yüksek bir hassasiyetle ve oldukça kısa bir sürede sayısal ortama aktarılabılmıştır. Bu belgeleme işlemi sonucunda, üst örtüdeki anomalilerin tipleri çözümlenebilmiş, literatürde delik olarak geçen yapıların aslında delik olmadığı ortaya konulmuş, lazer ışınlarının iç bükey yüzeylerde bile, ağız açıklığı minimum 1.8 cm olan deliklerden içeri girebildiği görölmüştür.

Çalışmada sanat tarihi, mimari koruma, akustik ve fotogrametri gibi farklı disiplinlerden yararlanılmıştır. Disiplinler arası çalışmaların, gözleme dayalı sözel bilim dallarına fayda sağlayacağı düşünölmektedir. Çalışmanın önemli amaçlarından birisi üst örtüdeki rezonatörlerin ileri teknoloji kullanılarak belgelenmesi olduğu için, nokta bulutunun renklendirilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Şekil 5.10'da da göröldüğu gibi çalışılan hassasiyet ana kubbenin süsleme programını bile bize verebilmiştir. Yapılacak benzer bir belgelemede elde edilen renkli nokta bulutu

verileri bilgisayar destekli tasarım programlarında işlenerek yapıların süsleme programlarının yüksek hassasiyetle dijital ortama aktarılması sağlanabilir. Bu sayede gün geçtikçe yitirdiğimiz kültür varlıklarımızı ileri teknolojiler kullanarak, hızlı bir biçimde ve yüksek hassasiyetle dijital ortamda saklayarak, bu varlıkların korunmasına büyük bir katkıda bulunmak mümkündür.

Yine çalışmanın amacı farklı olduğu için yapının bütün olarak belgelenmesine gereksinim duyulmamış, ağırlık üst örtüye verilmiştir. Üst örtü 40 dakikaya varan sürelerde oldukça yüksek hassasiyetlerde taranmıştır. Ancak çalışma gününün sonunda kalan vakitte yapı, harim zemininden iki noktadan, düşük çözünürlükte 360° taranmıştır. Bu taramalar toplamda 9,2 dakika sürmüştür. Çalışma yapılan planlamalar ve verilen tüm aralarla birlikte 9,5 saat sürmüştür. Buradan bu süre içerisinde rölöve çıkarmaya yönelik, daha düşük hassasiyette yapılacak bir lazer tarama çalışmasının neredeyse yarım gün kadar kısa bir sürede tamamlanabileceği sonucuna ulaşmak yanlış olmayacaktır. Bu sonuçlar ışığında mimari koruma kapsamında yapılacak bir belgeleme çalışmasında lazer tarama teknolojisinin oldukça faydalı olduğu sonucuna ulaşmak mümkündür.

Çalışmada kubbelerdeki deliklerin kullanım amacıyla ilgili net bir sonuca ulaşamamıştır. Yapılan belgeleme sadece lazer ışının ulaşabildiği yüzeylerin sayısallaştırılmasını sağlamıştır. Ancak bu deliklerin işlevinin ortaya konulabilmesi için, deliklerin iç yapılarının da belgelenmesi gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda bunun için de ileri teknolojilerden faydalanılabilir.

Bahsedildiği gibi güneydoğu yarım kubbeye delik tespit edilememiştir. Bu kubbeye diğerlerinden farklı olarak herhangi bir müdahale olup olmadığı da, sıva ve boya analizleri yapılarak tespit edilmelidir.

Bu çalışmada Mimar Sinan'ın Kadırga Sokollu Mehmet Paşa Camisi'nde elde ettiği akustik özelliklerinin üst örtüdeki iç bükey yapılardaki delik ya da kaplarla bir ilgisi bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak Sinan'ın bu yapıda elde ettiği ve günümüze kadar ulaştığı tespit edilen ideal akustik özelliklerin gelecek çalışmalarda, çağdaş yöntemlerin kullanımıyla araştırılması gerektiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acar, Ş., (2000), “Süleymaniye’nin Düşündürdükleri,” *Tasarım*, **102**, 108-118.
- Alper, Y., (2006), *Mihrimah Sultan Camii (Edirnekapı)*,  
<https://www.flickr.com/photos/gencalioglu/6306830180/>
- Arapi, A., (2005), *Floor Plan of the Complex*,  
[http://archnet.org/media\\_contents/49281](http://archnet.org/media_contents/49281)
- Arel, A., (1996), “Mimaride Görenek, Yenilik ve Mimar Sinan” “Mimar Sinan Yapılarında İşlev-Biçim İlişkisi”, *Uluslararası Mimar Sinan Sempozyumu Bildirileri*, (Ed: Yasa, A.), Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 99-101.
- Arns, R., G., Crawford, B., E., (1995), *Resonant Cavities in the History of Architectural Acoustics*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, A.B.D.
- Aslanapa, O., (1971), *Turkish Art and Architecture*. Preager, New York, A.B.D.
- Avdan, U., Pekkan, E., Çömert, R., (2013), Mağara Ölçümlerinde Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanılması (Tozman Mağarası Örneği). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 16-28.
- Ayangil, R., (2000), “Mekanlar İtibariyle Türk Din Musikisi,” *Tasarım*, **102**, 118-125.
- Bilgin, H., (2006), “Mimar Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi,” *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **21**, 119-128.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B., (2004), “Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri,” *Yapı Dergisi*, **269**, 90-95.
- Çabuk, A., Tural, O., Avdan, U., Tün, M., Deveci, A., Özmert, Ç., (2009), “Mimari Koruma Çalışmalarında Lazer Tarama Tekniği Uygulaması”, *Kültür Varlıklarının Belgelenmesi*. (Ed: Çabuk, A., Alanyalı, F.), Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 56-74.
- Çağman, F., Renda, G., Bağcı, S., Tanındı, Z., (2006), *Osmanlı Resim Sanatı*. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, İstanbul.
- Çalışır, F., (2004), *Müzik Dili Sözlüğü*, Evrensel Müzikevi Yayınları, Ankara.
- Çılı, F., Çelik, O., Sesigür, H. (2011). Süleymaniye Camii Taşıyıcı Sisteminin Onarımı ve Güçlendirme Çalışmaları. M. Ceylan (Ed.). *Restorasyon-*

- Konservasyon-Arkeoloji ve Sanat Tarihi Yıllığı*. (s. 38-48). İstanbul: Vakıflar Genel Müdürlüğü.
- Çömert, R., (2014), *Yersel Lazer Tarayıcılardan Elde Edilen Veriler Kullanılarak Otomatik Nesne Çıkarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Demirkale, S. Y., Yıldırım, E., (2005), “Mimaride Kubbe Tasarımı ve Akustik Sorunlar,” *Mimar-ist*, **17**, 110-112.
- Desamaulds, V., Loerincik, Y., Carvalho, A., (2001), “Acoustic Behaviour of Ceramic Pots Used in Middle Age Worship Spaces - A Laboratory Analysis”, *Ninth International Congress on Sound Vibration*, Orlando, A.B.D., 1-8.
- Erzen, J. N., (2005), *Mimar Sinan: Estetik Bir Analiz* (2. bs.), Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, İstanbul.
- Fausti, P. Pompoli, R Prodi, N., (2003), “Comparing the Acoustics of Mosques and Byzantine Churches”, CIPA XIXth International Symposium, Antalya.
- Goodwin, G. A., (1971), *History of Ottoman Architecture*, Thames and Hudson, Londra, İngiltere.
- Güvenir, Ş., (2006), “Damağın Seste Rezonans Oluşumuna Etkisi ve Ses Eğitiminde Kullanılması”. *Ulusal Müzik Eğitimi Sempozyumu*, Denizli.
- Helvacı, A., (2003), “Ses Eğitiminde Register ve Rezonans”, *Cumhuriyetimizin 80. Yılında Müzik Sempozyumu*, Malatya, 124-129.
- Karabiber, Z., (2000), “Avrupa Birliği 5. Çevre Programı Kapsamında Sinan Camileri Üzerine Bir Araştırma: CAHRISMA Projesi,” *Tasarım*, **102**, 74-83.
- Kayılı, M., (1988), “Mimar Sinan'ın Camilerindeki Akustik Verilerin Değerlendirilmesi.” *Mimarbaşı Koca Sinan : Yaşadığı Çağ ve Eserleri*, (Ed: S. Bayram), Vakıflar Genel Müdürlüğü, İstanbul, 545-554.
- Kayılı, M., (1996), “Sinan’s Acoustical Technology”, *Uluslararası Mimar Sinan Sempozyumu Bildirileri*, (Ed: Yasa, A.) Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 171-175.
- Kayılı, M. (2005). *Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture*. Erişim: 22 Eylül 2008, <http://www.muslimheritage.com/uploads/Acoustic.pdf>.
- Kayılı, M. (2011, Nisan 21). Üç Büyük Camide Akustik Tasarım [Video Dosyası]. [http://www.dailymotion.com/video/xibogm\\_uc-buyuk-camide-akustik-tasarim\\_school](http://www.dailymotion.com/video/xibogm_uc-buyuk-camide-akustik-tasarim_school)

- Kayılı, M., (2002), “Anadolu’da Geleneksel Akustik Uygulamalar ve Mimar Sinan Uygulamaları”, 6. *Ulusal Akustik Kongresi*, Antalya.
- Konyalı, İ. H., (1948), *Mimar Koca Sinan: Vakfiyyeleri, Hayır Eserleri, Hayatı, Padişaha Vekaleti, Azadlık Kağıdı, Alım Satım Hüccetleri*, Nihat Topçubaşı, İstanbul.
- Kuban, D., (1987), “The Style of Sinan's Domed Structures,” [Sinan’ın Kubbeli Yapılarının Üslubu]. *Muqarnas*, **4**, 72-97.
- Kuban, D., (2007), *Osmanlı Mimarisi*, Yapı-Endüstri Merkezi, İstanbul.
- Kuran, A., (1986), *Mimar Sinan*, Hürriyet Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Kuttruff, H., (2007), *Acoustics: An Introduction*, Taylor & Francis Group, New York, A.B.D.
- Mainstone, J. R., (2001), *Hagia Sophia: Architecture, Structure and Liturgy of Justinian’s Great Church*, Thames and Hudson, Londra, A.B.D.
- Mayer, L. A., (1956), *Islamic Architects and Their Works*, Albert Kundig, Cenova, İtalya.
- Mekid, S., Farooqui, M., (2012), “Design of Helmholtz Resonators in One and Two Degrees of Freedom for Noise Attenuation in Pipelines,” *Acoustics Australia*, **40(3)**, 194-202.
- Mijic, M., Sumarac-Pavlovic, D., (2002), “Acoustic Resonators in Serbian Orthodox Churches”, *Forum Acusticum*, Sevilla, İspanya.
- Neftçi, A., (1991), *Mimar Sinan Dönemi Dini Yapılarda Kubbe Örtü Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ortaylı, İ. (2013, Temmuz 17). İlber Ortaylı ile Tarih Dersleri – Ramazan Özel [Video Dosyası]. <https://www.youtube.com/watch?v=WOOn3PAA4s0>
- Özgüleş, M., (2008), *Fundamental Developments of 16th Century Ottoman Architecture: Innovations in the Art of Architect Sinan*. Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Pamuk, Ş., (2013), *Tezyini Açından Kadirga Sokullu Mehmet Paşa Camii*, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul.
- Rabbat, N., (2003), *Floor Plan of Üç Şerefeli Mosque*, [http://archnet.org/sites/1942/publications/1386#item\\_description](http://archnet.org/sites/1942/publications/1386#item_description)
- Refik, A., (1936), *Türk Mimarları – Hazine-i Evrak Vesikalarına Göre*, Hilmi Kitaphanesi, İstanbul.

- Sai Mustafa Çelebi, (2003), Yapılar kitabı: tezkiretü'l-bünyan ve tezkiretü'l-ebniye: (Mimar Sinan'ın anıları), (H. Develi, Çev.), Koç Kültür Sanat Tanıtım. (t.y.), İstanbul.
- Say, A., (2005), *Müzik Ansiklopedisi*, Müzik Ansiklopedisi Yayınları, Ankara.
- Scavone, G., (2013), *The Helmholtz resonator and its mechanical correlate*, <http://www.music.mcgill.ca/~gary/307/week9/node3.html>
- Topaktaş, L., (2003), *Acoustical Properties of Classical Ottoman Mosques Simulation and Measurements*, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Turan, M., H., (2004), “Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişmelerin Değerlendirilmesi,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. **19**, 43-50.
- Türk, E., (2011), *İstanbul'daki Salonların Akustik Kalitesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Uslubaş, T., Keskin, Y., (2007), *Alfabetik Osmanlı Tarihi Ansiklopedisi*, Karma Kitaplar, İstanbul.
- Ülgen, A. S., (1985a), *Levha028 İstanbul Beşiktaş Sinan Paşa Camii Plan Kesitleri*, [http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari\\_cizimler/Diger%20Istanbul%20Eserleri/slides/Levha028\\_Istanbul\\_Besiktas\\_Sinan\\_Pasa\\_Camii\\_Plan\\_Kesitleri.html](http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari_cizimler/Diger%20Istanbul%20Eserleri/slides/Levha028_Istanbul_Besiktas_Sinan_Pasa_Camii_Plan_Kesitleri.html)
- Ülgen, A. S., (1985b), *Levha060*, [http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari\\_cizimler/Diger%20Mimar%20Sinan%20Eserleri/slides/Levha060.html](http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari_cizimler/Diger%20Mimar%20Sinan%20Eserleri/slides/Levha060.html)
- Ülgen, A. S., (1985c), *Levha095 İstanbul Sokollu Mehmet Paşa Camii ve Medresesi*, [http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari\\_cizimler/Sokullu%20Mehmet%20Pasa%20Camii/slides/Levha095\\_Istanbul\\_Sokullu\\_Mehmet\\_Pasa\\_Camii\\_Ve\\_Medresesi.html](http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari_cizimler/Sokullu%20Mehmet%20Pasa%20Camii/slides/Levha095_Istanbul_Sokullu_Mehmet_Pasa_Camii_Ve_Medresesi.html)
- Ülgen, A. S., (1985d), *Levha179 İstanbul Azapkapı Sokullu Mehmet Paşa Camii*, [http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari\\_cizimler/Azapkapı%20Sokullu%20Mehmet%20Pasa%20Camii/slides/Levha179\\_Istanbul\\_Azapkapı\\_Sokullu\\_Mehmet\\_Pasa\\_Cami.html](http://www.mimarsinaneserleri.com/mimari_cizimler/Azapkapı%20Sokullu%20Mehmet%20Pasa%20Camii/slides/Levha179_Istanbul_Azapkapı_Sokullu_Mehmet_Pasa_Cami.html)

- Üretmen, N., (1991), *Selimiye Camisi'nin Akustik İncelemesi*, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Vitruvius, (1993), *Mimarlık Üzerine On Kitap (M.Ö. 25)*, (S. Güven, Çev.), Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, İstanbul.
- Yastıklı, N., (2005), "Sayısal Fotogrametri ve Yersel Lazer Tarayıcılar ile Belgeleme Ve Üç Boyutlu Modelleme," *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, İstanbul.
- Yaşaroğlu, K., (2006), *Açık hava Tiyatrolarının Akustik Açısından Değerlendirilmesi: İstanbul Cemil Topuzlu Açık hava Tiyatrosu Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., (2011), *Fotogrametri*, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir.
- Yenişehirlioğlu, F., (1996), "Mimar Sinan Yapılarında İşlev-Biçim İlişkisi", *Uluslararası Mimar Sinan Sempozyumu Bildirileri*, (Ed: Yasa, A.), Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 131-137.
- Yıldırım, E., (2003), *Yeni Cami'nin Akustik Açısından Performans Değerlendirmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ek-1

T.C.  
FATİH KAYMAKAMLIĞI  
İlçe Müftülüğü

Sayı : 60580358-215- 395  
Konu : Çekim

17/02/2014

SOKULLU ŞEHİT MEHMET PAŞA CAMİ İMAM-HATIPLİĞİNE

- İlgi : a)- Diyanet İşleri Başkanlığı'nca İdare Olunan Cami ve Mescitlerdeki Teberrukat Eşyası Hakkında Yönetmelik.  
b)- Serhan TUNCER'e ait 17/02/2014 tarihli dilekçe.

Serhan TUNCER tarafından İlçemiz Müftülüğüne bağlı Sokullu Şehit Mehmet Paşa Camii'nde inceleme, araştırma, ölçü alma ve iç-dış mekanlarından çekim yapması talepleriyle ilgili (b) dilekçe ekte sunulmuştur.. **"İlgi (a) yönetmeliğin değişik 12. maddesi hükümleri doğrultusunda görevliler nezaretinde, cami adabına uygun, eski eser yapıya ve teberrukat eşyasına zarar verilmemesi, herhangi bir müdahaleden dolayı doğabilecek olumsuzluklardan adı geçen kuruluşun, şahsın veya şahısların sorumlu tutulması kaydıyla, vatandaşlarımızın günlük ibadetleri ve camide yürütülen faaliyetlere engel olunmaması şartıyla"**

- a)- Çekim işleminin, cami görevlileri nezaretinde gerçekleştirilmesi,  
b) -**Minarelerden film ve fotoğraf çekimine müsaade edilmemesi.**  
c)- Çekim esnasında spot kullanılmaması ve teberrukat eşyasına gerekli hassasiyetin gösterilmesi.  
d)- Eski eserlere hiçbir şekilde fiziki müdahale yapılmaması, estampaj vb. işlemler uygulanmaması,  
e)- Özellikle cami adabına uygun hareket edilmesi ve namaz kılan cemaati rahatsız etmemek kaydıyla çekim yapılmasına izin verilmiştir.

Gereğini rica ederim.

İrfan ÖZTUNDAĞ  
Kavimhakam a.  
Fatih Müftüsü

